



Projeto de captação, armazenamento e distribuição das águas pluviais numa exploração agro-pecuária em São Miguel, Açores

António Rodrigues de Freitas da Silva

Dissertação para obtenção do grau de mestre em

Engenharia Agronómica

Orientadores: Maria do Rosário da Conceição Cameira

Isabel Maria Cerqueira Lopes Alves

Juri :

Presidente: Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da universidade de Lisboa

Vogais: Doutor José Luís Monteiro Teixeira, Professor Associado Jubilado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Isabel Maria Cerqueira Lopes Alves, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Resumo

Face à localização e funcionamento da exploração Rui Freitas da Silva (RFS) na ilha de São Miguel, Açores, nasce a necessidade de a tornar mais auto-sustentável relativamente ao recurso água. Assim, o presente projecto visa dimensionar a construção de uma charca e de um pequeno reservatório que satisfaça as necessidades hídricas da Exploração RFS. Para o pequeno reservatório, a água será captada pelos telhados do parque de alimentação ("Rain Water Harvesting"), enquanto que para a charca a água provirá do escoamento superficial que ocorre ao longo de uma bacia hidrográfica natural ("Watershed"). Assim, este será um sistema interligado com dois pontos de armazenamento (charca e pequeno reservatório), responsável por alimentar os vários bebedouros e os consumos do parque de alimentação (Fig. 1).

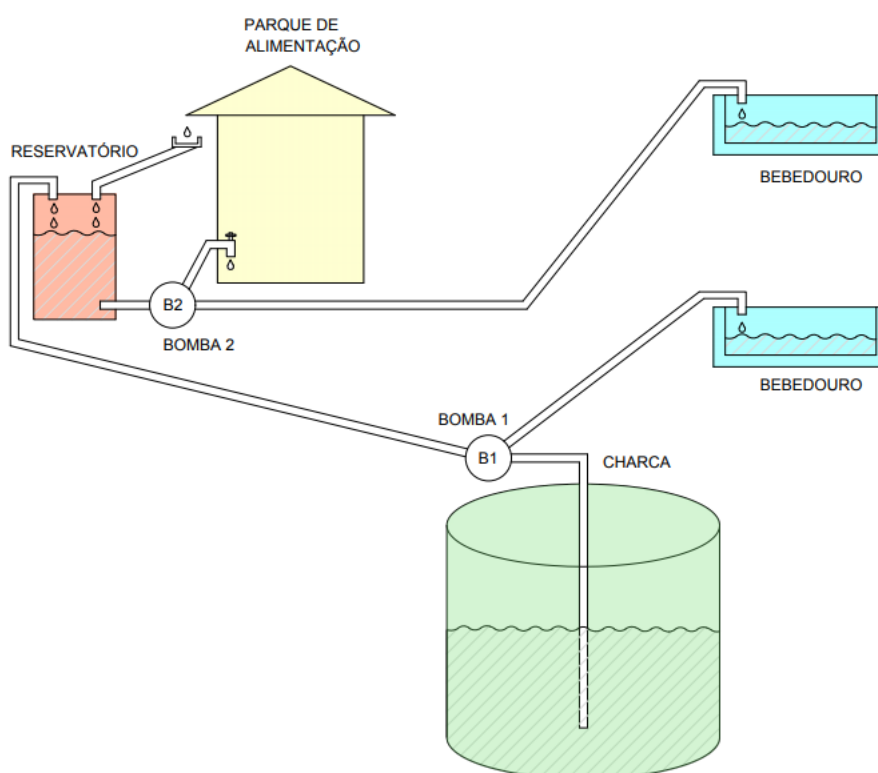


Figura 1: Esquema do sistema de recolha e distribuição da água pluvial.

Na determinação das necessidades de abeberamento do efectivo bovino (100 vacas em produção) recorreu-se ao método apresentado pelo INRA (2018). Os restantes gastos de água na exploração foram contabilizados através de medições em campo. O escoamento superficial para a charca (Q_s) foi determinado com recurso ao modelo de Témez (1977). O volume de projecto da charca e do reservatório foram determinados a partir de balanços hídricos. Por último, fez-se todo o dimensionamento hidráulico das tubagens e bombas que alimentam todos os sectores usando o sistema charca – reservatório.

Concluiu-se que a charca deverá ter um volume de 3.500.000 litros e o reservatório 130.000 litros. Este reservatório é abastecido a partir da charca e pela água proveniente dos telhados do parque de alimentação e irá alimentar o parque de alimentação e três bebedouros. Por sua vez, a charca recebe a água proveniente da bacia hidrográfica estudada e abastece os restantes bebedouros. Para o correto funcionamento de todo o sistema serão necessárias duas bombas de deslocamento positivo (modelos PENTAX PM 45 e PM80).

Palavras chave: Captação de águas pluviais; Bacia Hidrográfica; Modelo de Témez; Dimensionamento Hidrológico; Dimensionamento Hidráulico.

Abstract

In view of the location and operation methods of Rui Freitas da Silva (RFS) farm on the island of São Miguel, Azores, there is a need to make it more self-sustainable in relation to water. Thus, the present project aims at studying the construction of a pond and a small reservoir that meet the water needs of the farm. For the small reservoir, the water will be collected by the roofs of the feeding park ("Rain Water Harvesting"), while for the pond the water will come from the superficial runoff that occurs along a natural watershed ("Watershed"). Thus, this will be an interconnected system with two storage points (pond and small reservoir) responsible for supplying the various drinking points and consumption in the feeding park.

The method presented by INRA (2018) was used to determine the water needs of the bovine herd (100 cows in production). The remaining water consumptions on the farm were accounted for through field measurements. The superficial runoff to the pond (Q_s) was determined using the Témez model (1977). The project volume of the pond and the reservoir were determined from water balances. All the hydraulic dimensioning of the pipes and pumps that supply all sectors was made for the pond-reservoir system.

It was concluded that the pond should have a volume of 3,500,000 liters and the reservoir 130,000 liters. This reservoir is supplied from the pond and water from the roofs of the feeding park and will supply the feeding park and three drinking points. In turn, the pond receives water from the studied hydrographic basin and supplies the remaining drinking points. For the correct functioning of the entire system, two positive displacement pumps (models PENTAX PM 45 and PM80) will be required.

Key words: Rain Water Harvesting; Watershed; Témez model; hydraulic dimensioning.

Índice

Resumo.....	1
Abstract.....	3
1. Introdução.....	15
2. Revisão Bibliográfica.....	17
2.1 Clima	17
2.2 Origens e Sistemas de captação de água.....	17
2.3 Qualidade da água para consumo animal.....	18
2.4 Necessidades hídricas de vacas em lactação.....	19
2.5 Dimensionamento de uma charca para armazenamento do escoamento superficial ..	20
2.5.1 Dimensionamento hidrológico	21
2.5.2 Dimensionamento hidráulico	22
2.5.3 Dimensionamento estrutural.....	22
2.6 Normas de boas práticas para manutenção de água de qualidade adequada à alimentação animal	23
3. Materiais e Métodos	24
3.1. A Exploração Rui Freitas da Silva.....	24
3.1.1 Objetivo da exploração.....	24
3.1.2 Ocupação do solo	24
3.1.3 Efetivo bovino.....	26
3.2 Estimativa das necessidades hídricas do efetivo bovino	26
3.2.1 Efetivo bovino.....	26
3.2.2 Parque de alimentação.....	28
3.3. Dimensionamento hidrológico	29
3.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica e localização potencial da charca.....	29
3.3.2 Determinação do escoamento superficial a partir da precipitação	31
3.3.2.1 Determinação das componentes do escoamento.....	31
3.3.2.2 Evapotranspiração de referência (<i>ET_o</i>).....	33
3.3.3 Determinação da capacidade útil da charca e do reservatório.....	34
3.3.4 Caudal de ponta: dimensionamento do descarregador.....	37
3.4 Dimensionamento hidráulico da adução	37
3.4.1 Conduitas.....	38
3.4.2 Potência da bomba hidráulica	39
3.4.3 Verificação das condições de funcionamento da bomba: cavitação	39
3.4.4 Escolha da Bomba	39
4. Resultados e Discussão	41
4.1 Estimativa das necessidades hídricas do efetivo bovino	41
4.1.1 Efetivo bovino.....	41
Matéria seca ingerida (<i>MSI</i>)	41
Proteína bruta da forragem (<i>PB_f</i>) (Eq. 6)	41
Proporção de forragem no regime alimentar (<i>PFO</i>) (Eq. 7).....	41
4.1.2 Parque de alimentação.....	45
4.3 Dimensionamento hidrológico	46
4.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica e localização da charca.....	46
4.3.2 Escoamento superficial a partir da precipitação.....	46
4.3.2.1 Componentes do escoamento	46
4.3.2.2 Evapotranspiração de referência (<i>ET_o</i>).....	48
4.3.3 Determinação da capacidade útil da charca e do reservatório.....	50
4.3.4 Caudal de cheia: dimensionamento do descarregador	54
4.4 Dimensionamento da charca e do reservatório	55
4.5 Dimensionamento hidráulico do armazenamento e da adução	57

4.5.1 Condutas.....	57
Sector 1	57
Sector 2	58
Sector 3	59
Sector 4	59
4.5.2 Potência da bomba hidráulica	60
Sector 1, 2 e 3	60
Sector 4.....	61
4.5.3 Verificação das condições de funcionamento da bomba: cavitação	62
Sector 1, 2 e 3	62
Sector 4.....	63
4.5.4 Escolha da Bomba e validação da tubagem.....	63
Conclusões	65
Bibliografia	66
Anexos	68

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema do sistema de recolha e distribuição da água pluvial.	1
Figura 2: Tipos de modelos de processos hidrológicos (Hipólito e Vaz, 2017).	21
Figura 3: Exemplo com aspetos construtivos de uma estrutura de captação de águas pluviais. (Samuel e Mathew, 2008).....	22
Figura 4: Diagrama de operações – criação do modelo digital do terreno.	30
Figura 5: Diagrama de operações – Determinação da melhor bacia hidrográfica e respectiva área.....	30
Figura 6: Diagrama de operações – Dimensionamento do sistema charca-reservatório-bebedouros	30
Figura 7: Localização da charca e delimitação da bacia hidrográfica.	46
Figura 8: Representação do escoamento superficial (Q_s) por mês. Cada barra corresponde ao Q_s mensal para a série temporal (31 anos), sendo que cada mês contém 31 medições; a linha amarela representa o comportamento médio do Q_s por mês dos 31 anos.....	47
Figura 9: Médias mensais das variáveis climáticas utilizadas após correção das falhas da série 1988-2018.	48
Figura 10: Evolução da precipitação anual (Total Anual) e da precipitação média (Total.mPrec) para Ponta Delgada, Nordela (1988 a 2018).....	49
Figura 11: Evolução da evapotranspiração de referência (ET _o) ao longo dos dias da série temporal (1988 – 2018).	49
Figura 12: Boxplot para número de meses que demora a charca a encher ao longo de 30 anos (1988 - 2017). (Mínimo = 1º Quartil = 3; Mediana = 12,5; 3º Quartil = 15,75; Máximo = 38; Média = 13,3).	57
Figura 13: Características das bombas PENTAX PM escolhidas.	63

Índice de Quadros

Quadro 1: Caracterização da área de projecto da Exploração Agrícola, adaptado do IFAP 2019.	25
Quadro 2: Determinação da matéria seca ingerida (MSI) para um arraçoamento para 100 vacas em produção.	41
Quadro 3: Cálculo das necessidades hídricas para a manada produtora ao longo dos meses (Eq. 4 a Eq. 10).	42
Quadro 4: Consumo total de água contabilizado para o projecto.	43
Quadro 5: Total de água facturado no ano de 2018, referente a quatro contadores de água que abastecem a área de projecto.	44
Quadro 6: Medição dos três principais gastos de água por dia e de seguida por ano: Lavagem dos monges, Limpeza da ordenha e Lavagem do pavimento.	45
Quadro 7: Parâmetros do modelo de Témez para o cálculo do escoamento.	47
Quadro 8: Médias mensais das variáveis climáticas utilizadas após correção das falhas da série 1988-2018.	48
Quadro 9: Contabilização dos gastos de água ao longo de um ano na exploração RFS (Eq. 9).	51
Quadro 10: Exemplo do cálculo do balanço hídrico para o ano de 1992 (Eq. 23; Eq. 24; Eq. 9; Eq. 31; Eq. 32 e Eq. 33).	53
Quadro 11: Tempo de concentração e parâmetros usados (Eq 37) para a bacia hidrográfica do projeto.	54
Quadro 12: Caudal de ponta e parâmetros utilizados (Eq 36).	54
Quadro 13: Determinação da largura (L) do descarregador de soleira delgada (Eq. 38).	55
Quadro 14: Análise estatística dos 372 meses e dos 31 anos em que a charca não tem volume para suportar o mês seguinte (Eq. 35).	55
Quadro 15: Análise estatística do número de meses que demora à charca encher até ao volume de 3.500.000 litros. Série temporal de 30 anos.	56
Quadro 16: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 1; coeficiente de rugosidade de Hazen-Wiliams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.	58
Quadro 17: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).	58
Quadro 18: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 2; coeficiente de rugosidade	

de Hazen-Wiliams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.	58
Quadro 19: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).	58
Quadro 20: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 3; coeficiente de rugosidade de Hazen-Wiliams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.	59
Quadro 21: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).	59
Quadro 22: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 4; coeficiente de rugosidade de Hazen-Wiliams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.	60
Quadro 23: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).	60
Quadro 24: Determinação da potência da bomba que irá alimentar os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 44 e Eq. 45).....	60
Quadro 25: Determinação da altura manométrica da bomba (H_{mt}) para os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 45) (todos os valores em metros).....	61
Quadro 26: Determinação da potência útil da bomba que irá alimentar o sector 4 (Eq. 44)..	61
Quadro 27: Determinação da altura manométrica da bomba (H_{mt}) do sector 4 (Eq. 45) (todos os valores em metros).	62
Quadro 28: Verificação da não existência de condições para a ocorrência de cavitação ($NPSH$ disponível > $NPSH$ requerido) para os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 46 e Eq. 47).....	62
Quadro 29: Verificação da não existência de condições para a ocorrência de cavitação ($NPSH$ disponível > $NPSH$ requerido) (Eq. 46 e Eq. 47).	63
Quadro 30: Classe da Pressão Nominal para a bomba 1 (Eq. 48).	64
Quadro 31: Classe da Pressão Nominal para a bomba 2 (Eq. 48).	64
Quadro 32: Modelos das bombas escolhidas da empresa PENTAX e suas especificações (Comp. Total, Temp. funcionamento, potência máxima (P.máx), diâmetro externo, espessura e pressão nominal para as condutas escolhidas) para cada sector.	64

Índice de Anexos

Anexo 1: Evolução do efectivo medido no 2º semestre de cada ano segundo INE.	68
Anexo 2: Evolução do nº de vacas leiteiras por exploração na Região Autónoma dos Açores, segundo INE.	68
Anexo 3: Inquérito à Permanência de Hóspedes na Hotelaria e Outros Alojamentos na Região Autónoma dos Açores. Hóspedes nos estabelecimentos de alojamento turístico, segundo a NUTS II.....	68
Anexo 4: Média, desvio padrão, mínimo e máximo para as diferentes variáveis (Mayer et al., 2004).....	69
Anexo 5: Evolução do Tarifário da água dos SMAS de Ponta delgada entre o ano de 2008 a 2019. Sendo que a partir do ano de 2014 existe o registo de mais uma tarifa variável ao consumo de 2%.....	69
Anexo 6: Inquérito à Permanência de Hóspedes na Hotelaria e Outros Alojamentos na Região Autónoma dos Açores. Estada média nos estabelecimentos de alojamento turístico, segundo a NUTS II.....	69
Anexo 7: Princípio de funcionamento da captação de água com MOFs. (Kim et al., 2018). .	70
Anexo 8: Caracterização da água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais produtores de géneros alimentícios. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).	71
Anexo 9: Valores recomendados para avaliação bacteriológica de uma água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais, em sistemas de produção intensiva. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).	71
Anexo 10: Salinidade de uma água destinada ao consumo por parte dos animais: Efeitos em produção animal. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).	72
Anexo 11: Efeitos da salinidade de uma água destinada ao consumo por parte de algumas espécies de animais. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).	72
Anexo 12: Teores máximos de cloretos para algumas espécies/categorias de animais. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).	72
Anexo 13: Valores de referência recomendados para alguns iões em água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).....	73
Anexo 14: Sistema de filtragem de areia a baixa pressão (Devale, 2017).	73
Anexo 15: Contraste leiteiro da exploração RFS no ano de 2018.....	74
Anexo 16: No primeiro gráfico temos a evolução da quantidade de matéria seca ingerida (kg/dia) ao longo das semanas de lactação; No segundo gráfico, a quantidade de leite produzido com 4% de gordura pelas semanas de lactação; Em último temos a evolução do	

peso vivo (kg) pelas semanas de lactação. Em todos os gráficos são diferenciadas as vacas do primeiro parto e com mais do que um parto (Clark et al.,2001).	75
Anexo 17: Análise de solo realizadas em 2015.	76
Anexo 18: Análise de solo realizadas em 2015.	77
Anexo 19: Análise de frequência do escoamento superficial total de cada ano compreendido entre 1988 e 2018.	78
Anexo 20: Análise de frequência mensal do escoamento superficial ao longo da série temporal (1988 – 2018).	78
Anexo 21: Curvas de intensidade de frequência e duração na ilha de São Miguel, Fajã de Cima (175) (PGRH, 2016-2021)	79
Anexo 22: Tubagem de pressão nominal 6 bar e com as seguintes dimensões do diâmetro externo e espessura.....	79
Anexo 23: Tubagem de pressão nominal 10 bar e com as seguintes dimensões do diâmetro externo e espessura.....	80
Anexo 24: Torneira com boia, 3/4 de polegadas (19,05 mm) comercializada por Fonseca & Alves Lda.	80
Anexo 25: Análises qualitativas às fenosilagens de azevém no ano de 2018 na exploração RFS. Onde MS é matéria seca, PB é a proteína bruta, FB é a fibra bruta, NDF a fibra em detergente neutro, ADF é a fibra em detergente ácido e MM é a matéria mineral ou cinzas.	80
Anexo 26: Análises qualitativas às silagens de milho no ano de 2018 na exploração RFS. Onde MS é matéria seca, PB é a proteína bruta, FB é a fibra bruta, NDF a fibra em detergente neutro, ADF é a fibra em detergente ácido e MM é a matéria mineral ou cinzas. Todas estas variáveis são expressas em %.	81

Lista de Símbolos

Símbolo	Nome	Unidade
ΔAz	Variação de armazenamento	L
Δt	Variação de tempo	Dias
A	Área da bacia hidrográfica da charca	m^2
A_{ch}	Área de charca	m^2
A_{PA}	Área do telhado do parque de alimentação	m^2
BH	Área da bacia hidrográfica	m^2
Bh	Balanço hídrico	L
C	Coeficiente de vazão	
C_{ia}	Coeficiente de perdas iniciais	
C_{Qs}	Coeficiente de escoamento superficial	
C_s	Coeficiente de segurança	
CA	Consumo de Água	kg/dia ou L
CA_{PA}	Consumo de água durante as ordenhas e lavagens do pavimento	L
CC	Capacidade de Campo	m^3/m^3
CE	Coeficiente de Emurchecimento	m^3/m^3
CU	Capacidade Utilizável	mm
C_{HW}	Coeficiente de Hazen Williams	
D	Diâmetro interno da tubagem	m
D_{ext}	Diâmetro externo da tubagem	m
dr	Distância relativa inversa entre a Terra e o Sol	
es	Pressão de vapor saturante	Pa
ETo	Evapotranspiração de referência	mm/dia
F	Fator de perdas de carga singulares	
FA	Quantidade de Fenosilagem de azevém	kg/dia de matéria orgânica
g	Aceleração gravítica	m/s^2
Gsc	Constante solar	$MJ/(m^2 \cdot dia)$

<i>H</i>	Carga hidráulica	m
<i>Hmt</i>	Altura manométrica total	m
<i>hs</i>	Perdas de carga singulares	m
<i>I</i>	Intensidade de frequência da chuva	cm/h, mm/h ou m/s
<i>J</i>	Perda de carga unitária	m/m
<i>J</i>	Perda de carga contínua	m
<i>KRs</i>	Coeficiente empírico de ajustamento da radiação	
<i>L</i>	Comprimento da linha de água	km
<i>L t</i>	Comprimento da tubagem	m
<i>La</i>	Perdas iniciais	mm
<i>Ld</i>	Largura do descarregador	m
<i>MS</i>	Matéria Seca	%
<i>MSI</i>	Matéria Seca Ingerida	kg/dia
<i>NA</i>	Ingestão de sódio	g/dia
<i>NHTA</i>	Necessidades hídricas totais anuais de 100 vacas	L
<i>NHTM</i>	Necessidades hídricas totais mensais de 100 vacas	L
<i>NPSH disp.</i>	Net positive suction head disponível	m
<i>NPSH</i> requerido	Net positive suction head necessária ao funcionamento da bomba	m
<i>P</i>	Quantidade de Pastagem ingerida	kg/dia de matéria orgânica
<i>P</i>	Potência útil da bomba	kW
<i>P.atm.</i>	Pressão atmosférica	Pa
<i>p1</i>	Pressão da secção de entrada	Pa
<i>p2</i>	Pressão da secção de saída	Pa
<i>PBf</i>	Teor da Proteína Bruta da forragem	g/kg de matéria seca
<i>PC</i>	Peso Corporal	kg
<i>PFO</i>	Proporção de forragem no regime alimentar	%
<i>PL</i>	Produção de Leite	kg/dia
<i>PN</i>	Pressão nominal	bar
<i>PV</i>	Peso vivo de uma vaca	kg

Q_p	Caudal de ponta de cheia	m^3/s
Q_r	Excesso de precipitação que alimenta o aquífero	mm
Q_{rm}	Capacidade máxima de recarga do aquífero	mm
Q_s	Escoamento superficial	mm
Q_{sub}	Escoamento subterrâneo	mm
Q_t	Escoamento total	mm
R	Quantidade de Ração	kg/dia de matéria orgânica
R	Precipitação mensal	mm
R	Raio hidráulico	m
R_a	Radiação extraterrestre	$MJ/(m^2 \cdot dia)$
Res.	Reservatório	L
R_x	Excesso de precipitação	mm
S_d	Armazenamento disponível de água no solo	mm
SM	Quantidade de Silagem de milho	kg/dia de matéria orgânica
S_s	Altura de água armazenada no solo	mm
T	Temperatura Média Mensal	$^{\circ}C$
$T.máx$	Temperatura máxima diária	$^{\circ}C$
$T.méd$	Temperatura média diária	$^{\circ}C$
$T.min$	Temperatura mínima diária	$^{\circ}C$
t_c	Tempo de concentração	h
$T_{mamb.}$	Temperatura média do ambiente	$^{\circ}C$
v	velocidade da água	m/s
V_{proj}	Volume de projecto	L
v_1	Velocidade da água na secção de entrada	m/s
v_2	Velocidade da água na secção de saída	m/s
V_j	Volume dos reservatórios	L
V_r	Volume real da charca ou do reservatório ao longo de cada mês	L
Z	Profundidade radicular	m
z_0	Cota da superfície livre na captação	m

z_1	Cota em relação ao eixo horizontal da superfície de entrada	m
z_2	Cota em relação ao eixo horizontal da secção de saída	m
z_b	Cota do eixo da bomba	m
α	Coeficiente de Exaurimento	
Δ	Declinação solar	rad
η_b	Rendimento da bomba	%
λ	Calor latente de vaporização	MJ/kg
Φ	Latitude	rad
ω_s	Ângulo solar à hora do pôr-de-sol	rad
γ	Declive médio	m/m
ΔH	Perda de carga total	m
γ	Peso específico da água	N/m ³

1. Introdução

Segundo o contexto histórico açoriano, em São Miguel o recurso água sempre foi acessível à população e considerado por muitos como abundante. A precipitação média anual de 1027 mm e o grande número de nascentes, lagoas, lagos e cursos de água, contribuíram em grande parte para o seu fácil acesso com um investimento mínimo (PGRH – Açores, 2016-2021).

Segundo o Relatório do Estado do Ambiente dos Açores (2017), na ilha de São Miguel 59% da água disponível é subterrânea, sendo que apenas 60% da mesma pode ser explorada, sendo a restante (41%) de origem superficial. Em São Miguel 99,7% da água para o abastecimento público é de origem subterrânea, verificando-se uma grande pressão sobre os reservatórios de água no solo, tendo o balanço hídrico entre as necessidades e as disponibilidades apresentado o valor de 2,9% em 2013. Apesar de o balanço hídrico subterrâneo ser positivo, tal não invalida a correcta gestão, quer da qualidade como da quantidade, de água.

No contexto agro-pecuário da Região Autónoma dos Açores, focado na produção de leite, com o aumento gradual do efectivo animal por exploração e total (Anexo 1 e 2), verificou-se um aumento das necessidades hídricas, levando à necessidade de novas infra-estruturas que as supram. No passado, o recurso água potável era considerado abundante, o que se refletiu no seu baixo custo para o consumidor. Por esta razão, muitas das explorações com necessidade de aumentar as suas disponibilidades hídricas optaram por implementar um sistema de distribuição abastecido directamente da rede pública, o que se traduziu num aumento dos caudais a tratar nas Estações de Tratamento de Água.

Observando o anuário estatístico regional 2013/2014 do INE, verificamos que na região Autónoma dos Açores não houve, nos últimos anos, um aumento populacional (-0.5%). No entanto, verificamos que o número de hóspedes nos estabelecimentos de alojamento turístico tem vindo a aumentar significativamente (Anexo 3) e que a estadia média anual por turista é em torno de 2,96 dias, para o ano 2018 (Anexo 4), o que se traduz num aumento significativo de recursos utilizados. Juntando a este facto um aumento das necessidades hídricas da população em geral, devido à modificação dos hábitos, entre outras causas, o recurso água potável já não é visto como abundante, o que originou o aumento do seu custo para o consumidor (Anexo 5) e em especial para as explorações agrícolas.

As necessidades de consumo de água para o uso na pecuária, nesta Região Autónoma, representam 20% das necessidades totais de consumo, enquanto o uso urbano representa 65% das mesmas. No ano de 2013, o consumo de água *per capita* por dia foi de 98,1 litros. Em média uma vaca consome diariamente 81,5 L (variando entre 14,2 e 171,4 L/vaca segundo Meyer et al., 2004). Assim, a redução da pressão sobre o consumo de água para

uso no sector pecuário traduz-se na possibilidade de suprir as necessidades de aproximadamente mais uma pessoa, ou no aumento das necessidades consumptivas para outro tipo de uso e, em última instância, poderá contribuir para a redução de zonas de captação.

Assim, nasce a necessidade de tornar a exploração Rui Freitas da Silva o mais auto-sustentável possível relativamente ao recurso água, diminuindo significativamente o consumo da água da rede (potável, tratada), melhorando a pegada ecológica desta exploração e deixando de competir por um recurso utilizável directamente pelo Homem e que acarreta custos ao Estado. Em paralelo, existe o objectivo de, a longo prazo, o investimento se rentabilizar ao ser possível fornecer ao efectivo em produção água a um preço inferior ao que é comercializado.

O objectivo geral do presente trabalho é o de dimensionar um sistema de recolha, armazenamento e distribuição de águas de escoamento pluvial para satisfazer as necessidades hídricas das vacas leiteiras e limpeza do parque de alimentação.

Em particular pretende-se:

- estimar as necessidades de água na exploração associadas ao efetivo bovino;
- estimar as disponibilidades de água numa pequena bacia hidrográfica natural;
- estudar a melhor localização de uma charca para captação de águas superficiais na bacia hidrográfica;
- realizar o dimensionamento hidráulico do sistema charca - reservatório, do descarregador de ponta e da adução até ao parque de alimentação.

O método de produção da exploração Rui Freitas da Silva é representativo de muitas explorações situadas na “Bacia Leiteira” na Ilha de São Miguel. Deste modo, pretende-se que o desenvolvimento deste projecto contribua para um melhor conhecimento público do aproveitamento das águas pluviais na ausência de um curso permanente de água.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Clima

Borges et al. (2009) referem que o macroclima regional dos Açores é ditado pela localização geográfica das ilhas (plena bacia do Atlântico Norte), inserida no contexto da circulação global atmosférica e oceânica. Por sua vez, a influência da massa aquática da qual emergem provoca um confronto com as massas de ar tropicais e frias. A evolução do campo de pressão atmosférica sobre o Atlântico Norte determina a dinâmica do clima do arquipélago açoriano. Às cristas e talwegues barométricos associados ao regime geral de circulação, condicionada pela massa do continente americano e pela massa aquática atlântica, sobrepõem-se os anticiclones semipermanentes atlânticos subtropicais, dos quais se destaca a configuração recorrente anticiclónica do Atlântico Norte. Esta configuração barométrica é genericamente designada por Anticiclone dos Açores (Azevedo, 2001).

Outro fator que influencia o macroclima dos Açores é a oscilação da corrente do Golfo ao largo das ilhas, que serve de travão às águas frias que vêm do Norte e que faz com que na maior parte do ano (de oito a nove meses do ano) o oceano ceda energia à atmosfera. Assim, esta corrente proporciona uma fonte energética que origina condições de amenidade térmica em relação a outras zonas costeiras localizadas à mesma latitude (Borges et al., 2009).

Em termos gerais, embora se verifique uma variação das condições climáticas de um extremo ao outro do arquipélago e se observe uma variação espacial significativa dentro de cada ilha, o seu clima pode ser classificado de mesotérmico húmido com características oceânicas (Borges et al., 2009). De acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima é super-húmido no interior das ilhas (tipo A) e húmido nas encostas litorais (tipos B1 a B4) (Referência ao Relatório do Estado do Ordenamento do Território de 2003).

2.2 Origens e Sistemas de captação de água

Imteaz et al. (2011) sugerem várias alternativas para fazer face ao aumento das necessidades hídricas que tem sido registado a nível global, nomeadamente identificar diferentes origens de água (águas pluviais, residuais e água do mar através de processos de dessalinização). Estes autores atribuem, no entanto, maior relevância à captação de águas pluviais pelos telhados dos edifícios e sua condução para depósitos de armazenamento de água, que intitulam de “rain water harvesting”, inserindo-se na categoria de “storm water harvesting” (colheita de água pluvial acima do solo). A captação de água pelos telhados diminui o nível de contaminação da água em comparação com a extracção de água do solo, facilitando o seu armazenamento (Coombes, 2017).

A utilização de um só método para satisfazer as necessidades hídricas pode não ser suficiente. Devale et al. (2017) mostram que juntando duas técnicas, “Watershed management” e “rain water harvesting”, é possível criar um sistema integrado de armazenamento de água. Segundo este autor, “watershed” significa a unidade de área hidrogeológica cuja água da precipitação é drenada num único curso de água. A água da precipitação que cai numa encosta vai sendo drenada através de pequenos cursos, da cota superior para a inferior, pela topografia do terreno.

Para além das soluções apresentadas por Imteaz et al. (2011), Kim et al. (2017) apresentam-nos uma solução de aproveitamento da humidade do ar usando a radiação solar, que funciona em ambientes secos com níveis de humidade relativa (HR) de 20% ou inferiores e é composta por estruturas porosas organo-metálicas (MOF). O máximo de aproveitamento da HR está fixado em torno dos 80% (Anexo 7), com um aproveitamento de água por kg de MOF acima de 6 litros por dia. Tendo por base os níveis de humidade elevados em São Miguel, Açores e os possíveis custos de instalação, a implementação deste sistema não é a mais recomendada.

2.3 Qualidade da água para consumo animal

Para além da pressão sobre a quantidade de água, existe também uma pressão sobre a sua qualidade. A pressão pode ser do tipo pontual (devida por exemplo às descargas industriais em cursos de água) ou difusa (devida por exemplo à atividade agrícola). Segundo Böhlke (2002), a actividade agrícola teve profundos efeitos sobre as taxas de reposição e composição dos aquíferos. Nas últimas décadas, em mais do que um país, a principal carga poluente que afecta os aquíferos superficiais (não confinados) deve-se directa ou indirectamente às práticas agrícolas e aos produtos utilizados (Böhlke, 2002).

Palhares e Guidoni (2012) afirmam que a qualidade química e física da água da chuva, armazenada em cisternas, é geralmente boa. Todavia, sem cuidados específicos, é difícil manter um padrão de qualidade sem coliformes, visto que, independentemente da ausência de organismos patogénicos na água da chuva, as superfícies de contacto com a água podem estar contaminadas (por exemplo, fezes de aves nos telhados). Assim, a qualidade microbiológica irá depender das condições de armazenamento, tais como temperatura, duração, manutenção e práticas sanitárias, e a qualidade química irá depender das emissões de veículos, actividade industrial e do uso de fitofármacos perto das cisternas (arrastamento pelo vento).

Como tal, Palhares e Guidoni (2012) adoptaram uma metodologia para verificar a qualidade da água armazenada numa cisterna, que assenta nas seguintes etapas:

- Realização de duas colheitas mensais (dois litros por amostra) a duas profundidades diferentes, com o intuito de analisar os teores de nitratos (N-NO₃), nitritos (N-NO₂) e nitrogénio amoniacal (N-NH₃).
- Monitorização dos seguintes parâmetros: temperatura (°C), oxigénio dissolvido (mg/L), potencial hidrogeniónico, potencial redox (mV), sólidos dissolvidos totais (ppm) e a condutividade eléctrica (µS/cm).
- Análise microbiológica a partir de novas amostras (200 mL) com o intuito de determinar o teor de coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (CF) e *Escherichia coli*.

A qualidade de água para consumo animal não se encontra legislada como está para o consumo humano ou indústrias alimentares no decreto lei nº 306/2007 de 27 de Agosto. No entanto, mesmo não sendo necessário respeitar os mesmos requisitos para consumo humano, a sua qualidade é de extrema importância para manter níveis de produção satisfatórios e garantir a saúde animal. Como tal, no Guia de Boas Práticas da Direcção Geral de Agricultura e Veterinária (DGAV) “Água de Qualidade Adequada para Alimentação Animal” (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014) encontram-se indicados os requisitos gerais, parâmetros microbiológicos, salinidade, cloretos, outros parâmetros (anexos 8 a 13) e os parâmetros físico-químicos.

O parâmetro físico-químico mais importante é o **pH**, devendo estar compreendido entre 6,5 e 9. Caso o pH da água seja inferior a 6,5 pode levar à ocorrência de acidose e redução da ingestão de alimentos, também podendo originar problemas de corrosão das canalizações e dos equipamentos de fornecimento. Por outro lado, pH superiores a 9 podem conduzir a distúrbios digestivos e diarreias, diminuindo a eficiência de conversão alimentar e a ingestibilidade.

De modo a minimizar as contaminações dos sedimentos de maior diâmetro, Devale et al. (2017) apresentam-nos um sistema de filtragem de areia a baixa pressão (Anexo 14).

2.4 Necessidades hídricas de vacas em lactação

De modo a compreender o consumo de água por parte das vacas em lactação, Meyer et al. (2004) obtiveram, por regressão linear múltipla, uma equação de estimação. Nesta, a variável resposta é o consumo de água (kg/vaca) e as variáveis preditoras são a temperatura média ambiental, a humidade relativa do ar, a produção de leite, a matéria seca ingerida, a percentagem de matéria seca da ração, o peso corporal, a percentagem de alimento fibroso, o número de partos, os dias da lactação e o consumo de sódio e potássio.

Meyer et al. (2004) verificaram que o sistema de ordenha, automatizado ou através de salas de ordenha, não influenciava o consumo de água por vaca. No entanto, as variáveis humidade relativa e alimento fibroso apresentaram uma correlação negativa com a variável

resposta, pelo que, quando existe um aumento da variável preditora, a variável resposta diminui. Por sua vez, as restantes variáveis enunciadas anteriormente apresentam uma correlação positiva (aumentam o consumo de água). Em suma, Meyer et al. (2004) indicam que o consumo diário de água para as vacas Holstein varia entre 14,2 a 171,4 kg/vaca e apresenta como média 81,5 kg/vaca (Anexo 6). A equação ajustada obtida foi a seguinte:

$$CA = 26,12 + 1,516 \times T_{mamb.} + 1,299 \times PL + 0,058 \times PC + 0,406 \times NA \quad [1]$$

onde *CA* representa o consumo de água (kg/dia), *T_{mamb.}* representa a temperatura média do ambiente (°C), *PL* a produção de leite (kg/dia), *PC* o peso corporal (kg) e *NA* a ingestão de sódio (g/dia).

De modo a prever o consumo de água por parte de vacas leiteiras Holstein e os seus fluxos (pela urina, fezes e respiração), Khelil-Arfa et al. (2012) retiraram da base de dados do campo experimental “Mé jussaume” (INRA LeRheu – St-Gilles, França, 48°06’10”N 01°47’39”W, 60 m acima do nível do mar) que uma vaca em lactação em média ingere 89,6 kg/dia de água total e que, destes, 17 kg/dia provêm da alimentação, sendo os restantes 72,6 kg/dia ingeridos directamente. Estes valores foram determinados para uma ingestão média de 17,8 kg de *MS*/dia, para uma produção média diária de 24,9 kg de leite e para um peso médio corporal em vivo de 630 kg.

Em complemento, segundo a publicação do INRA (2018), o consumo de água pode ser determinado dividindo o cálculo em duas etapas. Na primeira determina-se o consumo de água com base na produção diária de leite, na matéria seca ingerida, no teor de matéria seca do regime alimentar, no teor de proteína bruta da forragem e na proporção de forragem no regime alimentar. Na segunda etapa, determinam-se os gastos de água na termorregulação do organismo quando a temperatura média do ar é superior a 15 °C, com base na variável temperatura média mensal e no peso vivo das vacas. Respeitando a condição da temperatura média do ar (≥ 15 °C) são somados os valores e determinado o consumo de água em litros/dia.

2.5 Dimensionamento de uma charca para armazenamento do escoamento superficial

A escolha do local para construir a charca é de extrema importância, pois dele depende o volume de água que chega à charca num determinado período de tempo. Se a charca for implantada num local que capte uma grande afluência de água por escoamento superficial poderá ocorrerá acumulação de sedimentos provenientes da erosão do solo, enquanto que uma menor afluência de água à charca poderá conduzir à incapacidade de encher a mesma (Samuel e Mathew, 2008).

O dimensionamento de uma charca para armazenamento de escoamento superficial engloba três etapas (Samuel e Mathew, 2008): i) dimensionamento hidrológico, ii) dimensionamento hidráulico e iii) dimensionamento estrutural.

2.5.1 Dimensionamento hidrológico

Para realizar o dimensionamento hidrológico existem várias metodologias recomendadas, assentando estas, segundo Hipólito e Vaz (2017), em dois modelos de processo: físicos e matemáticos (Fig. 1).

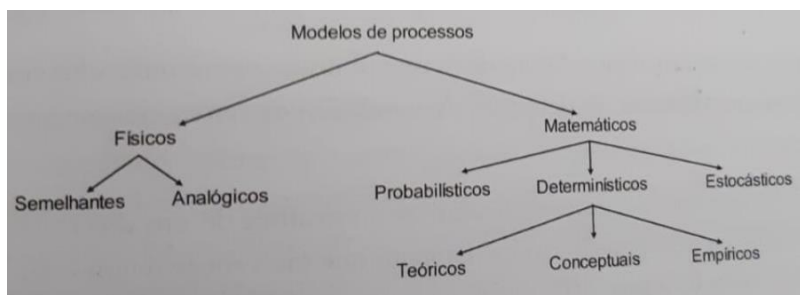


Figura 2: Tipos de modelos de processos hidrológicos (Hipólito e Vaz, 2017).

Os modelos físicos, contrariamente aos matemáticos, assentam na medição e manipulação de grandezas físicas. Tendo por base os dados disponíveis, não foi possível recorrer a modelos físicos, pelo que se recorreu ao modelo matemático determinístico teórico de Témez, que converte a precipitação em escoamento de acordo com as características do terreno.

Um dos modelos teóricos de transformação da precipitação em escoamento com maior sucesso é o Sistema Hidrológico Europeu (SHE model). Por outro lado, os dois modelos conceptuais mais utilizados são: o modelo de Stanford, Stanford Watershed Model IV, e o modelo de Sacramento, utilizados respectivamente pelo U. S. Geological Survey e U. S. National Weather Service (Hipólito e Vaz, 2017).

Segundo Samuel e Mathew (2008), nesta etapa é necessário estimar a taxa máxima de escoamento superficial que passa pela charca em segurança (Eq. 2), bem como o volume de água captado por escoamento superficial em toda a área que a conduz para a charca (Eq. 3).

$$I = \frac{KT^n}{(t+a)^b} \quad [2]$$

$$Q = CIA \quad [3]$$

onde, para a equação 2, I é a intensidade de chuva para uma dada duração de precipitação (cm/h); T é o tempo de retorno em anos; K , n , a e b são as constantes para o local; t é o tempo de concentração. Por sua vez, na equação 3, Q é o caudal de ponta de cheia (m³/s); C é o coeficiente de escoamento, variando de 0 a 1 dependendo das condições da bacia; I é

a intensidade da chuva (mm/h) para uma determinada frequência e duração igual ao tempo de concentração; A é a área da bacia hidrográfica (ha).

O caudal de ponta de cheia é calculado, tal como sugerido por Samuel e Mathew (2008), para um período de retorno de 25 anos, ou seja, consideramos valores de intensidade e quantidade de precipitação que só são esperados que ocorram uma vez em 25 anos. Nesta fase também se comprova existir escoamento suficiente para encher a charca em pelo menos 39% dos anos estudados (31 anos).

2.5.2 Dimensionamento hidráulico

O objetivo desta etapa é o de dimensionar a capacidade do reservatório (charca), o transporte de água desde a charca até aos pontos de destino, o descarregador de cheia da charca e também o sistema de bombagem. Para tal, Samuel e Mathew (2008) afirmam ser necessário calcular a capacidade que a charca vai ter para conhecer quais as suas dimensões (largura, comprimento e altura), sem esquecer as dimensões do descarregador que, num caso de um excesso de afluências, tem que escoar o fluxo em excesso. A água deve fluir por toda a estrutura em segurança sem nunca ultrapassar as margens estipuladas. De modo a dimensionar o descarregador, Samuel e Mathew (2008) enunciaram duas fórmulas, uma pressupondo que a charca tem uma forma trapezoidal e outra com base na Regra de Simpson para a determinação do pico de cheia.

2.5.3 Dimensionamento estrutural

Nesta etapa pretende-se definir os materiais a utilizar no projeto, nomeadamente o revestimento da charca. Samuel e Mathew (2008) apresentam um exemplo para o dimensionamento estrutural (Fig. 2).

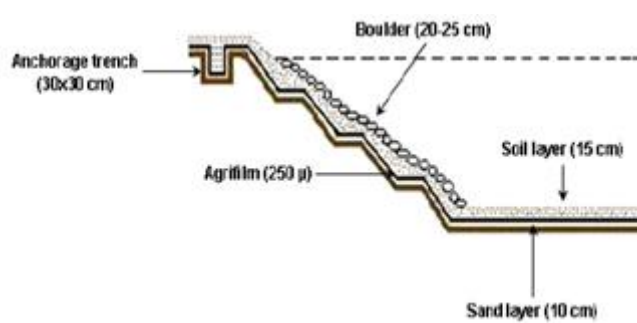


Figura 3: Exemplo com aspetos construtivos de uma estrutura de captação de águas pluviais. (Samuel e Mathew, 2008)

Neste dimensionamento, caso não se proceda ao revestimento da charca com algum tipo de tela impermeável, as perdas por infiltração de água serão significativas ($55 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) segundo um estudo feito no centro de investigação ICAR para a região de Barapani). Logo, Samuel e Mathew (2008) apresentam-nos duas soluções: a utilização de um Agrifilme LDPE

(polietileno de baixa densidade) e de outro Agrifilme HDPE (polietileno de alta densidade) resistente à radiação UV. Com a utilização de um Agrifilme, Samuel e Mathew (2008) apresentam-nos melhorias de eficiência na retenção da água infiltrada na ordem dos 94,7% ($2,9 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$).

2.6 Normas de boas práticas para manutenção de água de qualidade adequada à alimentação animal

Dado que o presente projecto tem como destino uma exploração agro-pecuária de vacas de leite, o recurso água é de extrema importância para a manutenção de um produto (leite) de qualidade. Como tal, o Guia de Boas práticas da DGAV “Água de Qualidade Adequada para Alimentação Animal” (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014) alerta para o facto de que os poços e outras águas superficiais, tais como lagoas e córregos ou ribeiras, estão sujeitos a diversas fontes de contaminações (nitratos, bactérias, matéria orgânica e sólidos suspensos) ao longo da bacia de captação. Como tal, a DGAV sugere que as lagoas, charcas ou zonas de nascente devam ser vedadas e/ou o acesso dos animais condicionado. A ingestão de água deve ser facultada em bebedouros próprios em boas condições higiénicas. As lagoas ou charcas devem ser protegidas do arrastamento superficial de fezes ou outros contaminantes provocados pelo escoamento superficial devido à precipitação. Por sua vez, a gestão do pastoreio irá influenciar a qualidade da água pois, se os pastos envolventes forem sobre pastoreados, irá ocorrer uma maior erosão do solo e transporte de nutrientes pela acção da água e do vento. Serão necessários também cuidados quando se procede à aplicação de produtos fitossanitários e fertilizantes nas zonas adjacentes às lagoas ou charcas. Além disto, os produtores têm que estar alertados para o facto de que, nos períodos quentes e secos, é mais provável haver problemas de qualidade. Estes problemas são devidos à evaporação da água conjugada com o aumento de consumo por parte dos animais. A evaporação pode levar a problemas de qualidade pois aumenta a concentração de contaminantes dissolvidos (sais), bem como um grande desenvolvimento de microorganismos, situação que pode tornar a água inaceitável para uso pecuário. Por outro lado, o aquecimento da água e a disponibilidade de nutrientes excessivos pode levar ao desenvolvimento de algas, que podem degradar a qualidade da água, nomeadamente nos períodos de maior necessidade hídrica.

3. Materiais e Métodos

3.1. A Exploração Rui Freitas da Silva

3.1.1 Objetivo da exploração

A exploração Agro-Pecuária RFS tem como objetivo a produção de leite. Para tal, a exploração cria os seus próprios animais (desde a fase de recria até ao refugo do animal) e ambiciona, tanto quanto possível, satisfazer as necessidades alimentares dos mesmos. Como tal, explora uma área de 74,12 ha.

A área da exploração não é contígua, encontrando-se dividida em setores que recebem os animais nas suas diferentes fases de crescimento: fase de cria (até aos três meses de idade), fase de recria (dos três meses aos seis meses), fase de crescimento nº1 (dos seis aos 12 meses), fase de crescimento nº2 (dos 12 aos 24 meses), fase de produção (vacas paridas) e por fim fase das secas (vacas em período de secagem). As fases de cria e recria desenvolvem-se no mesmo local, sendo a cria feita em estruturas individuais para vitelas até aos três meses de idade e a recria em três lotes consoante as idades até que as vitelas atinjam os seis meses de idade. Na 1ª fase de crescimento os animais são transportados para outra localidade onde ficam a crescer em pastoreio até atingirem um peso corporal adequado à cobertura, o que acontece entre os nove e os 12 meses. De seguida, as novilhas são transferidas para outra localidade onde decorre a fase de crescimento nº2. Nesta etapa, as novilhas que atingem um peso corporal adequado em pastoreio permanecem numa manada para serem cobertas por um touro. Pretende-se que as novilhas fiquem cheias entre os 12 e os 18 meses, permanecendo neste lote (crescimento nº2) até perto do parto (24 a 30 meses). Alguns dias antes do parto, as novilhas são colocadas juntamente com a manada produtora.

Assim, existem quatro polos distintos: o 1º, que engloba a fase da cria e recria, situado na freguesia da Fajã de Cima; o 2º, que engloba o crescimento nº 1, situado na freguesia de Sta. Cruz, Lagoa; o 3º, que engloba o crescimento nº 2, situado na freguesia dos Fenais da Luz, Ponta Delgada; por fim, as novilhas são introduzidas na manada produtora, situada na freguesia da Fajã de Cima, Ponta Delgada, a que corresponde a área do projecto (29,32 ha) segundo o parcelário da exploração (Quadro 1).

3.1.2 Ocupação do solo

O projecto apresentado no presente trabalho tem como destino apenas a área definida para as vacas em produção (29,32 ha). Segundo o parcelário da exploração (Quadro 1), as parcelas apresentam a seguinte ocupação: culturas temporárias, espaço florestal arborizado e pastagem permanente.

Quadro 1: Caracterização da área de projecto da Exploração Agrícola, adaptado do IFAP 2019.

Caracterização das subparcelas com área elegível						
Nº Seq	Nº Sub Parcela	Área (ha)	Ocupação do Solo		Regado	Origem Última Revisão
			Classe	Detalhe		Dados
5	2	2,84	Culturas Temporárias		N	VER 14/01/2014
5	8	0,06	Espaço Florestal arborizado		N	VER 06/03/2014
6	2	1,47	Pastagem Permanente		N	VER 14/01/2014
7	8	8,06	Culturas Temporárias		N	CTLD 26/10/2015
8	2	2,77	Pastagem Permanente	Pastagem Semeada	N	VER 14/01/2014
8	7	0,15	Espaço Florestal arborizado		N	VER 14/01/2014
11	12	7,17	Culturas Temporárias		N	CTLD 26/10/2015
11	13	2,58	Culturas Temporárias		N	CTLD 26/10/2015
12	4	4,22	Culturas Temporárias		N	CTLD 26/10/15

É relevante considerar que as parcelas referentes à área de pastoreio se encontram a uma cota entre os 254 m e os 204 m (média/ baixa altitude). As culturas temporárias inserem-se numa rotação variável, dependendo da intensidade de pastoreio, entre a cultura de azevém (*Lolium multiflorum*) e do milho forrageiro (*Zea mays*). O que determina a implementação do milho forrageiro são as condições da pastagem (nível de infestação, pisoteio e densidade de plantas) e alguma obrigatoriedade devido à falta de terra nos meses mais secos. Os espaços florestais arborizados são constituídos por *Cryptomeria japonica*, que funcionam como abrigos ao vento. As pastagens permanentes foram semeadas pelo dono anterior da exploração pelo que não se sabe qual a composição inicial da sementeira. No entanto, é uma pastagem diversa, composta por *Lolium multiflorum*, *Bromus spp.*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata* e *Rumex crispus*, entre outras espécies.

O azevém utilizado comporta-se como uma planta bianual que apresenta uma elevada produtividade, precocidade e qualidade nutricional. Nas condições edafo-climáticas da ilha, é semeado entre as primeiras chuvas de Setembro até Novembro. Para além disso, este azevém apresenta resistência à *Puccinia spp.*, fungo prejudicial à pastagem e alimentação animal. Nas zonas da pastagem que não apresentam os níveis de densidade de plantas de azevém adequados, é feita uma resemteira a lanço utilizando um distribuidor centrífugo.

A rotação entre a cultura do azevém e do milho forrageiro é geralmente feita de dois em dois anos devido à intensidade de pastoreio praticada, o que por sua vez dificulta o fecho da pastagem ao pastoreio, aumentando nos meses mais secos o nível de infestantes. Dependendo da textura do solo, em particular do teor de argila, a instalação do milho é feita

com recurso a mobilização mínima (maiores teores de argila) ou sementeira directa (menores teores de argila).

O método de mobilização mínima inicia-se com a aplicação de um herbicida total no final do mês de maio. Após a senescência da pastagem, é realizada uma mobilização rápida com uma fresa, seguida de um escarificador. Por fim, é feita nova passagem com a fresa antes de se proceder à sementeira em linhas do milho forrageiro. O processo decorre no período de quatro dias.

Caso o solo apresente teores de argila menores, é feita uma sementeira directa, havendo apenas uma aplicação de um herbicida selectivo total no final do mês de maio, seguida da passagem do semeador em linhas. Sendo um herbicida selectivo, por vezes a aplicação ocorre após a sementeira, segundo a disponibilidade do prestador de serviços.

3.1.3 Efetivo bovino

Uma vez que este trabalho tem como objectivo o dimensionamento de estruturas para a satisfação das necessidades consumptivas de água da exploração para as vacas em produção, só os animais que se encontram nesta fase é que são contabilizados para o projecto. Como tal, no final do ano de 2018 a exploração RFS apresentava 115 vacas paridas. A meta proposta pelo dono da exploração, a atingir no final do ano de 2019, é a de estabilizar o efectivo em cerca de 120/130 vacas paridas, que será facilitado com a compra de novos animais. Dado que as vacas secas constituem cerca de 20% do efectivo, a manada produtora apresenta, em média por cada mês, 100 a 110 vacas, tendo-se escolhido o menor valor (100 vacas). Com a compra e maior disponibilidade de animais, será possível ser mais selectivo nas vacas escolhidas para estarem em produção, pelo que se deve atingir o objectivo mínimo de 120 vacas paridas.

3.2 Estimativa das necessidades hídricas do efetivo bovino

3.2.1 Efetivo bovino

De modo a estimar as necessidades hídricas do efectivo bovino recorreu-se ao modelo apresentado em INRA (2018), que se baseia na utilização de uma relação empírica entre a produção de leite diária e vários parâmetros relacionados com o alimento ingerido. Este modelo foi escolhido, de entre outros do mesmo tipo, por apresentar uma melhor qualidade da curva ajustada ($R^2 = 0,89$).

Segundo o método referido, quando a temperatura do ar média mensal é inferior a 15 °C, o consumo de água por animal (CA) é calculado com recurso à Eq. [4].

$$CA_{<15^{\circ}\text{C}} = 54,3 + 0,88 \cdot PL + MSI \left(4,6 - \left(\frac{100}{MS} \right) \right) 0,0012 \cdot (PBf \cdot PFO)^2 \quad [4]$$

onde *CA* representa o consumo de água diário por animal (L), *PL* a produção diária de leite por vaca (kg), *MSI* a matéria seca ingerida por vaca (kg/dia), *MS* o teor médio da matéria seca do regime alimentar (g/100 g), *PBf* o teor de proteína bruta da forragem (g/kg) e *PFO* a proporção de forragem do regime alimentar (g de matéria seca da forragem por g de matéria seca total ingerida).

O cálculo das variáveis necessárias à determinação de *CA* é descrito seguidamente: a produção de leite (*PL*) foi obtida a partir dos registos (contraste leiteiro) da exploração RFS para o ano de 2018. O valor obtido corresponde à média da produção de leite por vaca num determinado dia de cada mês, com excepção do mês de Agosto, onde a produção de leite corresponde à média dos meses de Julho e Setembro (Anexo15).

A matéria seca ingerida por vaca (*MSI*) foi calculada com base no arraçãoamento praticado na exploração RFS à base de fenosilagem de azevém, silagem de milho, ração

A quantidade de fenosilagem de azevém e de silagem de milho foi obtida através da pesagem num TMR (Total Mix Ration). A quantidade de ração foi determinada sabendo quantas sacas de ração foram gastas num dia, e a quantidade de pastagem ingerida foi estimada com base na média da produção anual de uma pastagem cujos dados foram fornecidos pelo Groupe Fromagerie Bel, Portugal, no âmbito do projecto “Vacas Felizes”, juntamente com a área pastoreada nesse dia.

A percentagem de matéria seca (*MS*), no caso das silagens, foi obtida a partir da média dos valores das análises qualitativas existentes até à data da presente exploração. No caso da ração, a informação da *MS* foi fornecida pela fábrica que a comercializa (Finançor Agro-alimentar SA) e, no caso da pastagem, a *MS* foi determinada realizando a média anual com os valores mensais cedidos pelo Groupe Fromagerie Bel, Portugal, no âmbito do projecto “Vacas Felizes”.

O teor médio de matéria seca do regime alimentar (*MS*, g/100 g) foi determinado pelo quociente entre Matéria Seca Ingerida (*MSI*) e o total de alimento ingerido (Eq. 5)

$$MS = \frac{MSI}{FA + SM + R + P} \cdot 100 \quad [5]$$

onde *FA*, *SM*, *R* e *P* representam, respectivamente, a quantidade de matéria orgânica de: fenosilagem, silagem de milho, ração e pastagem ingeridas num dia, em kg.

O Teor de Proteína bruta da forragem (*PBf*) foi calculado com a Eq. 6, usando o mesmo método utilizado para a *MS*, agora para a forragem (fenosilagem, silagem e pasto), dividindo a *PB* na matéria seca total pela quantidade total de matéria seca ingerida (exceptuando a ração). A proteína bruta, para as silagens, foi obtida da média das análises qualitativas feitas na exploração até à data. Não se sabendo o valor real da proteína bruta da pastagem e

sendo o valor das análises já bastante elevado, foi decidido manter este valor igual ao da fenoilagem.

$$PBf = \frac{FA.M_S.PB + SM.M_S.PB + P.M_S.PB}{FA.M_S + SM.M_S + P.M_S} \quad [6]$$

onde *FA*, *SM* e *P* representam, respectivamente, a quantidade de matéria orgânica de fenoilagem, silagem de milho, ração e pastagem ingeridas num dia, em kg; *MS* representa a percentagem de matéria seca de cada alimento e *PB* a percentagem de proteína bruta de cada alimento.

Por fim, a proporção de forragem no regime alimentar (*PFO*, g de matéria seca da forragem por g de matéria seca total) é calculada pela Eq. 7:

$$PFO = \frac{FA.M_S + SM.M_S + P.M_S}{FA.M_S + SM.M_S + R.M_S + P.M_S} \quad [7]$$

Quando a temperatura média mensal é superior ou igual a 15°C foi utilizado um *PV* estimado de 600 kg na Eq. (8), com a respectiva temperatura média mensal.

$$CA_{\geq 15^\circ C} = \frac{\left(85,2 \cdot \exp^{\frac{T-24,9}{8}} + 2,259 \cdot \exp^{\frac{T-12}{6,8}} - 28,2\right) \cdot 0,14 \cdot PV^{0,57} \cdot 86,4}{2,5} \quad [8]$$

onde *T* é a temperatura média mensal em °C e *PV* o peso vivo de uma vaca, em kg.

Obtidos os consumos de água para cada mês (Eq. 9), foi possível determinar a *NHTA* para 100 vacas em produção como é expresso na Eq. 10.

$$NHTM = CA \cdot DM \cdot EF \cdot Kp \quad [9]$$

$$NHTA = NHTM_{jan} + NHTM_{fev} + NHTM_{mar} + NHTM_{abr} + NHTM_{mai} + NHTM_{jun} + NHTM_{jul} + NHTM_{ago} + NHTM_{set} + NHTM_{out} + NHTM_{nov} + NHTM_{dez} \quad [10]$$

Sendo *CA* o consumo de água por animal e por dia ($CA_{<15^\circ} + CA_{\geq 15^\circ}$), *DM* o nº de dias do mês, *EF* o efetivo pecuário e *Kp* um coeficiente de perdas (20%).

3.2.2 Parque de alimentação

Não existindo um registo exacto dos consumos de água para a exploração RFS, esta informação foi obtida através do acompanhamento de um dia completo de trabalho na exploração (02-04-2019), das 05 h 20 min às 18 h 30 min, durante o qual foram medidos os consumos de água resultantes das ordenhas e da limpeza do parque de alimentação.

Na ordenha da manhã foi medido o tempo gasto na lavagem de 10 úberes e, no final da ordenha, foi medido o tempo que cada uma das quatro torneiras demorava a encher um reservatório com dois litros. Com estes dados foi possível então estimar um tempo médio por lavagem dos úberes e um caudal médio para as torneiras, pelo que se determinou a quantidade de água gasta por vaca em cada ordenha na lavagem de úberes. Multiplicando

este valor pelo número de vacas em produção nesse dia (112) obteve-se a água total gasta na lavagem de úberes. Sabendo que se realizam duas ordenhas, esta quantidade total será multiplicada por dois.

Na determinação da água gasta na lavagem do pavimento após cada ordenha, o procedimento usado foi o seguinte: mediu-se o tempo gasto na lavagem do mesmo e de seguida, para determinar o caudal da torneira, usou-se o método volumétrico, tendo-se cronometrado o tempo que aquela torneira demorava a encher um recipiente com a capacidade de oito litros. Fizeram-se três repetições, tendo sido calculado um caudal médio que, multiplicado pelo tempo de lavagem, permite obter o volume utilizado no processo. Uma vez que a área de lavagem no período da manhã e da tarde não é a mesma, foi cronometrado o tempo de lavagem para ambas as ordenhas e, finalmente, o consumo, em litros por dia.

A determinação da água gasta na limpeza da ordenha foi mais simples, uma vez que foram utilizados cinco tanques de 50 litros por cada limpeza de ordenha. Como ocorrem duas por dia, então este resultado foi duplicado.

Determinado o consumo de água gasto durante ambas as ordenhas com a lavagem de úberes e a água gasta durante a limpeza da ordenha, juntamente com a água gasta na limpeza do parque de alimentação e com o consumo de água da lavagem do pavimento, no período da manhã e da tarde, obtém-se o consumo de água diário das operações com maiores gastos de água. De seguida, extrapolou-se este resultado para um ano de atividade.

3.3. Dimensionamento hidrológico

3.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica e localização potencial da charca

Sobre a carta militar de 1:10.000 cedida pela Câmara Municipal de Ponta Delgada, DTIN foram digitalizadas as curvas de nível e os pontos cotados, criando-se linhas de fecho e de água. A ferramenta utilizada foi o sistema de informação digital QGIS. O objetivo final foi o de criar o modelo digital do terreno (MDT) da área do projecto.

Com base no MDT, delimitaram-se as várias bacias hidrográficas presentes na área em estudo e obtiveram-se as respectivas áreas. As Figuras 3 e 4 apresentam esquematicamente a metodologia utilizada.

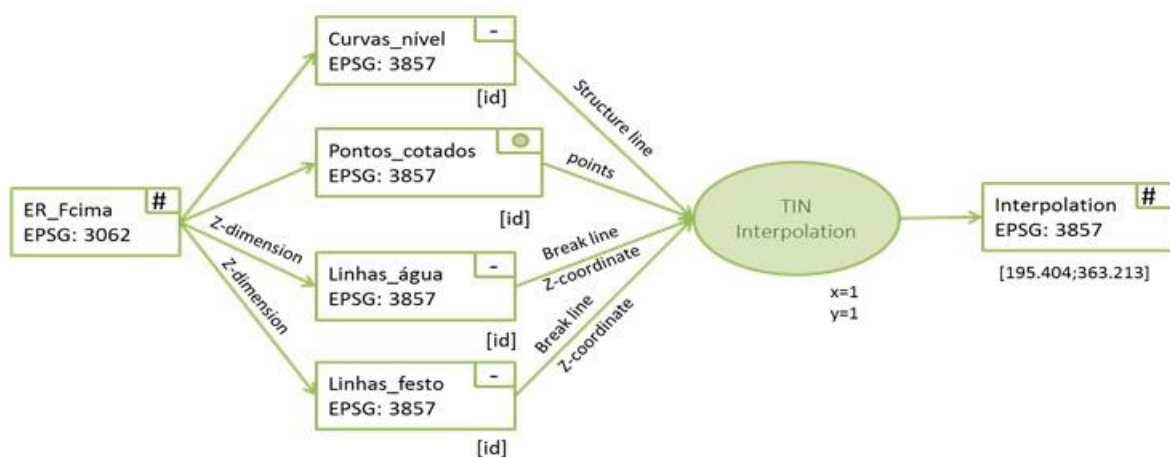


Figura 4: Diagrama de operações – criação do modelo digital do terreno.

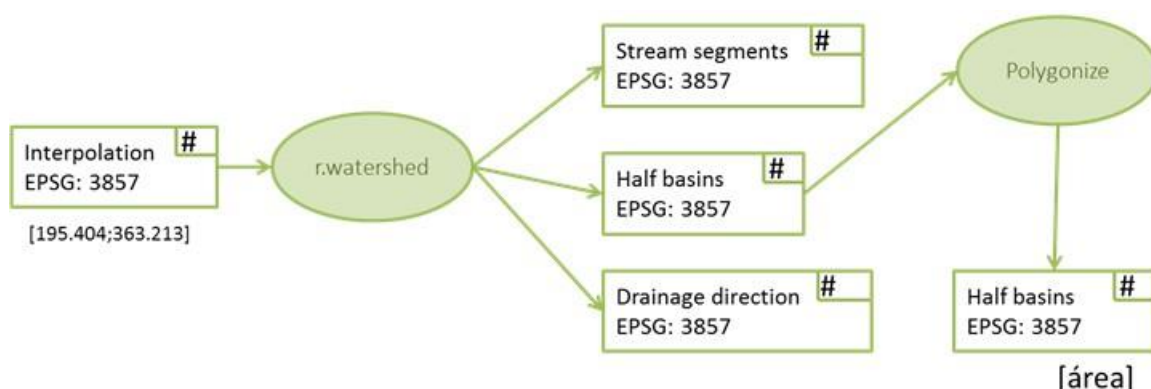


Figura 5: Diagrama de operações – Determinação da melhor bacia hidrográfica e respectiva área.

No passo seguinte procurou-se encontrar a linha de água que escoar um maior caudal anual, sendo escolhido o local ideal para instalar a charca e, finalmente, dimensionar todo o sistema: reservatórios de água (Charca e Reservatório), casa das máquinas, identificação dos bebedouros e toda a tubagem necessária (Fig. 5).

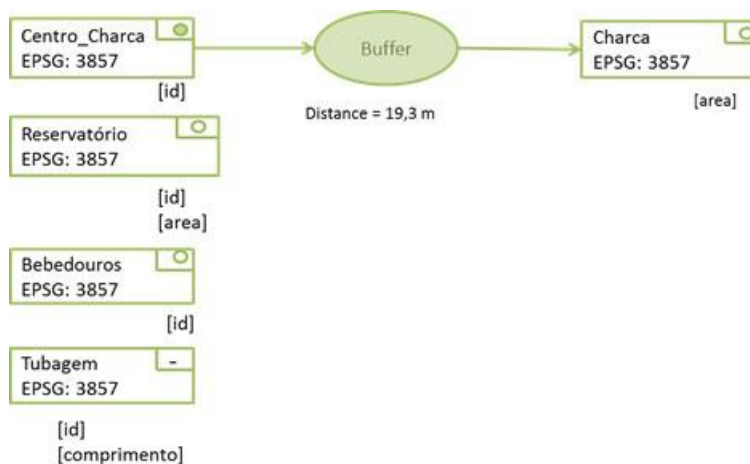


Figura 6: Diagrama de operações – Dimensionamento do sistema charca-reservatório-bebedouros

3.3.2 Determinação do escoamento superficial a partir da precipitação

No presente trabalho, havendo apenas dados relativos à precipitação, utilizou-se o método de Témez (1977) com discretização mensal para transformação da precipitação em escoamento. Este modelo utiliza como variáveis de entrada os valores mensais de precipitação (P) e da evapotranspiração potencial (ETp), e apresenta como variáveis de saída os valores de escoamento direto (Qs) e de base ($Qsub$), cuja soma fornece o escoamento total (Qt):

$$Qt = Qs + Qsub \quad [11]$$

com todas as variáveis em mm).

Os dados de precipitação referentes à estação meteorológica da Nordela, Ponta Delgada, para os anos compreendidos entre 1988 a 2018 (31 anos) foram comprados ao IPMA. Nos casos em que se teve que completar os dados (ausência de dados para um determinado dia), foi realizada uma média mensal para todos os meses completos e de seguida verificou-se a precipitação diária média para cada mês completo, substituindo assim os dias em falta.

3.3.2.1 Determinação das componentes do escoamento

Apresenta-se seguidamente a formulação utilizada neste trabalho para o cálculo das componentes direta e de base do escoamento.

a) Escoamento direto, Qs

$$Qs = Rx - Qr \quad [12]$$

onde Rx representa o excesso de precipitação (mm), Qr a água que irá abastecer o aquífero e Qrm representa a capacidade máxima de recarga para o aquífero (mm), determinados por:

$$Qr = \frac{Qrm.Rx}{Qrm+Rx} \quad [13]$$

$$Rx = \frac{(R-Ia)^2}{R+Sd-2.Ia} \text{ se } R > Ia; 0 \quad [14]$$

onde R representa a precipitação (mm), Ia as perdas iniciais (mm) e Sd o armazenamento disponível de água no solo (mm).

O armazenamento disponível de água no solo, Sd , estima-se como:

$$Sd = CU - Ss + ET_o \quad [15]$$

sendo CU a capacidade utilizável do solo, Ss a altura de água armazenada no solo e ET_o a evapotranspiração de referência, calculada na secção 3.3.2.2..

A CU é calculada através de:

$$CU = (CC - CE). 1000. z \quad [16]$$

onde CC e CE representam os teores de água no solo na capacidade de campo e no ponto de emurchecimento permanente, respetivamente, e z a profundidade de solo considerada (m). Os resultados da análise de solo da parcela situada na bacia hidrográfica em causa (Anexo 17 e 18), indicam que este é de textura grosseira. Os valores de CC e CE utilizados, indicados para um solo arenoso em Oliveira (2011), foram de 15% e 7%, respetivamente.

As perdas iniciais, Ia (mm), calculam-se como:

$$Ia = C_{ia} \cdot (CU - Ss_{j-1}) \quad [17]$$

onde C_{ia} é o coeficiente de perdas iniciais que, segundo Témez (1997), deve valer próximo de 0,3 quando não existem dados para calibrar o modelo.

Determinado o excesso de precipitação (Rx , Eq. 14) e o armazenamento disponível de água no solo (Sd , Eq. 15) é possível estimar o armazenamento de água no solo (Ss , mm) e a evapotranspiração atual (ETc , mm).

$$Ss = \text{Máx}(Ss_{j-1} + R - Rx - ET_o; 0) \quad [18]$$

$$ETc = \text{Mín}(Ss_{j-1} + R - Rx; ET_o) \quad [19]$$

Para iniciar o cálculo da série de escoamentos é necessário saber o valor do armazenamento inicial de água no solo. Uma vez que não se dispunha desse valor utilizou-se o valor de 0 mm (solo seco).

Após ter determinado o excesso de precipitação que chega ao aquífero (Qr , Eq. 13) é necessário estimar o seu armazenamento ao longo da série temporal (Eq. 20).

$$Ssub = Ssub_{j-1} \cdot e^{-\alpha \Delta t} + Qr \cdot e^{-\alpha (\frac{\Delta t}{2})} \quad [20]$$

onde α é o coeficiente de exaurimento do aquífero, que, segundo Témez (1977), deve estar situado entre 0,03 e 0,07, e a variação de tempo (Δt) é expressa em dias.

Dado que não se conhece o mês antecedente do primeiro mês da série de dados conhecidos (Dezembro de 1987) consideramos o valor do $Ssub_j$ igual ao do mês de Dezembro de 2018 (4,19). Parte-se do pressuposto que no final da série de dados (Dezembro de 2018) este será um valor representativo do armazenamento do aquífero no início de Janeiro do ano seguinte.

Em relação ao ajustamento do Qs (Eq. 12) com um Qs previamente conhecido (medições no terreno), não foi possível realizar. Isto porque a bacia hidrográfica (BH) em que se conhece o valor Qs padrão para o ano médio corresponde a um conjunto de BH para uma vasta área díspar, não sendo possível confiar nos valores padrão de Qs indicados no PGRH (2016-2021) para a BH MIA 74.

b) Escoamento subterrâneo, $Qsub$

$$Q_{sub} = S_{subj-1}(-S_{subj} + Q_r) \quad [21]$$

Calculados ambos os escoamentos (Q_s e Q_{sub}) é então possível calcular o escoamento total (Eq. 11) que irá convergir para a charca.

Uma vez que se prevê a impermeabilização da charca para minimização das perdas por infiltração, o escoamento de base não será considerado, logo:

$$Q_t = Q_s \quad [22]$$

Por fim, obtém-se o volume de água em litros que escoar até à charca, V_{proj} :

$$V_{proj} = Q_s \cdot BH \quad [23]$$

onde BH é área da bacia hidrográfica (m^2), calculada com recurso ao QGIS.

3.3.2.2 Evapotranspiração de referência (ET_o)

Para o cálculo do armazenamento disponível de água no solo (S_d , Eq.15), foi necessário calcular a evapotranspiração de referência. Visto que a série de dados diários de temperatura estava incompleta, para os dias em falta, foi realizada a média com o dia antecedente e o primeiro dado precedente disponível.

Com os dados diários meteorológicos que foram disponibilizados pelo IPMA da estação da Nordela, Ponta Delgada, de 1988 a 2018, e posteriormente corrigidas as falhas na série, não foi possível aplicar o método de Penman-Monteith dado não haver dados relativos à humidade relativa diária. Assim, realizou-se o cálculo diário da evapotranspiração de referência (ET_o) com base na equação de Hargreaves-Samani:

$$ET_o = 0,0135 \cdot KRs \cdot \frac{Ra}{\lambda} (T_{máx} - T_{mín})^{0.5} (T_{méd} + 17,8) \quad [24]$$

onde $T_{méd}$ representa a temperatura média diária ($^{\circ}C$); $T_{máx}$ a temperatura máxima diária ($^{\circ}C$); $T_{mín}$ a temperatura mínima diária ($^{\circ}C$); Ra a radiação extraterrestre ($MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$), e λ o calor latente de vaporização (MJ/kg). Nesta equação, o coeficiente empírico de ajustamento da radiação (KRs) utilizado foi o apresentado em Paredes (2018) para Ponta Delgada, que apresenta o valor de 0,22.

Acompanhando a metodologia proposta pela FAO 56, a variável radiação extraterrestre (Ra) para a latitude da estação da Nordela, Ponta Delgada, foi calculada com recurso à seguinte equação:

$$Ra = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} \cdot dr \cdot (\omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s) \quad [25]$$

onde a G_{sc} é a constante solar expressa em $MJ \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$, dr é a distância relativa inversa entre a Terra e o Sol, ω_s é o ângulo solar à hora do pôr de sol, φ é a latitude, e δ é a declinação solar, sendo todos estes ângulos expressos em radianos.

A distância relativa inversa entre a Terra e o Sol (dr) é calculada para o dia juliano (J) e ano em causa (Eq. 26)

$$dr = 1 + 0.033 \cos\left(\left(\frac{2\pi}{365}\right)J\right) \quad [26]$$

O ângulo solar à hora do pôr-do-sol (ω_s) é dado pela equação 27:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad [27]$$

A conversão da latitude (φ) expressa em graus ($^\circ$) e minutos ($'$) para radianos é feita do seguinte modo para o hemisfério norte:

$$\varphi = \left(^\circ + \frac{'}{60}\right) \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) \quad [28]$$

Por fim, a declinação solar (δ) é calculada com recurso à equação 29 também para o dia juliano (J) e ano em causa:

$$\delta = 0.408 \sin\left(\left(\frac{2\pi}{365}\right)J - 1.39\right) \quad [29]$$

Calculada a Ra e observando as temperaturas para os dias em causa cedidas pelo IPMA para a ilha de São Miguel, Açores - Estação Meteorológica da Nordela, Ponta Delgada (1988 a 2018) é então possível calcular a ETo diária para o período em causa (Eq. 24) para de seguida obter a ETo mensal para cada ano.

3.3.3 Determinação da capacidade útil da charca e do reservatório

Para se conhecer a capacidade útil a dar ao reservatório e à charca, recorreu-se ao método do balanço de volume ou do balanço hídrico aplicado a uma série de dados de 1988 a 2018. A equação geral do balanço de volume, aplicada com o passo de tempo mensal, é a seguinte:

$$\Delta Az = \text{Entradas} - \text{Saídas} \quad [30]$$

$$\Delta Az = \left((R \cdot A_{PA} + R \cdot A_{ch}) + V_{proj}\right) - (ETo \cdot A_{ch} + NHTM + CA_{PA} + Res)$$

onde ΔAz representa a variação de armazenamento (L), R a precipitação mensal (mm), A_{PA} a área do telhado do parque de alimentação (m^2), A_{ch} a área da charca em (m^2), V_{proj} o escoamento mensal relativo à área da BH do projecto (L), ETo a evapotranspiração de referência (mm), $NHTM$ as necessidades hídricas totais mensais da manada produtora (L), CA_{PA} o consumo de água do parque de alimentação com as ordenhas e lavagem do pavimento (L) e Res a água mensal bombada para o reservatório (L).

O reservatório será dimensionado para satisfazer três de oito bebedouros (parte das necessidades hídricas das vacas em produção) e a água gasta durante as ordenhas e lavagem do parque de alimentação (Eq. 31). O seu balanço é calculado por:

$$\Delta Az = (R \cdot A_{PA}) - (CA_{PA} + \frac{3}{8} \cdot NHTM) \quad [31]$$

onde R é a precipitação mensal (mm; A_{PA} é a área de telhado do parque de alimentação, dada pela planta do edifício (m²), $NHTM$ são as necessidades hídricas totais mensais das vacas, CA_{PA} é o consumo de água do parque de alimentação com as ordenhas e lavagem do pavimento (L). O fator de 3/8 indica que este balanço irá satisfazer as $NHTM$ de três dos oito bebedouros.

Determinada a variação de armazenamento ao longo dos meses do reservatório verificou-se qual seria o mês limitante ($|\Delta Az|$ mais elevado). De modo a não sobre dimensionar a água bombada para o reservatório ($Res.$), aplicou-se um coeficiente empírico de ajustamento (Kr), que foi comprovado ao verificar que o reservatório nunca secava (1988 – 2018) ao transportar esta quantidade de água.

$$Res. = Kr \cdot |\Delta Az| \text{ maior} \quad [32]$$

A charca será dimensionada para satisfazer cinco de oito bebedouros (parte das necessidades hídricas das vacas em produção) e para alimentar o reservatório nos meses em que este não recolhe volume suficiente a partir do telhado (Eq. 33):

$$\Delta Az = (V_{proj} + R \cdot A_{ch}) - (Ev \cdot A_{ch} + \frac{5}{8} \cdot NHTM + Res.) \quad [33]$$

onde V_{proj} é o escoamento mensal relativo à área da BH do projecto (L); R é a precipitação directa sobre a superfície da charca (mm); A_{ch} é a área da charca (m²); Ev é a evaporação na superfície livre considerada, neste trabalho, como equivalente à evapotranspiração de referência (mm); $Res.$ É o volume de água que será necessário bombear para o reservatório (L) obtido pela Eq.32; o fator 5/8 indica que este balanço irá satisfazer as $NHTM$ de cinco dos oito bebedouros.

Como não se tinha os dados da humidade e do vento a 2 m da superfície, não foi possível utilizar a Eq. de Penman (Eq. 34) para determinar as perdas de água por evaporação.

$$Ev = \frac{\Delta \cdot Em + \gamma \cdot Ea}{\Delta + \gamma} \quad [34]$$

sendo Ev a evaporação da superfície de água, Em a evaporação equivalente ao balanço de energia radiante em mm/dia, Ea o poder evaporante do ar em mm/dia, γ a constante psicrométrica e Δ o declive da curva da tensão de vapor saturante para a temperatura do ar considerada.

Assim, considerou-se como equivalente à ET_o , mesmo sabendo que a evaporação de uma superfície livre de água é diferente da evapotranspiração de referência, o que leva a subestimar as perdas de água por evaporação pois não existe resistência do coberto.

Determinada a ΔAz da charca e do reservatório, estudou-se o comportamento mensal de ambos ao longo da série temporal (31 anos), partindo do princípio que estes começavam à capacidade máxima:

$$Vr = \Delta Az_j + V_{j-1} \quad [35]$$

onde Vr é o volume real da charca ou do reservatório ao longo de cada mês (L), ΔAz_j é a variação de armazenamento da charca ou do reservatório do mês em causa (L) e V_{j-1} é o volume da charca ou do reservatório no final do mês precedente (L).

Ao somar a ΔAz_j de um determinado mês (j) com o volume com que o reservatório em causa acabou no mês anterior (V_{j-1}), é possível compreender se um reservatório com uma determinada capacidade suporta as necessidades de cada mês da exploração RFS, ao longo da série temporal (1988 - 2018).

O pressuposto utilizado no dimensionamento do reservatório foi o de suportar a maior $|\Delta Az|$ correspondente ao mês limitante da série de tempo (1988 – 2018). No caso da charca, testaram-se várias hipóteses de modo a que o número de anos e de meses em que a charca fica abaixo do valor correspondente às *NHTM* do mês subsequente seja aceitável para o cliente.

Assim, tanto para o reservatório como para a charca, iniciando estes cheios, foi-se somando a ΔAz_j ao volume dos reservatórios do mês anterior (V_j) (Eq. 35), não aceitando valores inferiores a 0 ou superiores ao volume estabelecido para os reservatórios. No caso do reservatório, contabilizou-se ainda a entrada de água oriunda da charca, de modo a que nunca falte água no mesmo (este nunca fica vazio).

De seguida, verificou-se em que meses é que a charca não tinha capacidade para satisfazer as *NHTM* da exploração RFS do mês subsequente de modo a que o volume da charca seja projectado para suportar as *NHTM* das vacas em produção do mês em causa mais o seguinte, na eventualidade de não chover.

Através da informação relativa aos meses em que a charca termina sem o volume necessário para satisfazer as *NHTM* do próximo mês, verificou-se em quantos anos é que a charca tinha algum mês com um volume inferior ao necessário. Com estes dois dados determinou-se a probabilidade de este sistema não respeitar a condição de terminar o mês com um volume igual ao necessário para satisfazer as *NHTM* do mês seguinte.

Determinou-se ainda o número de anos que a charca demorará a encher para que o sistema entre em funcionamento. Nesta situação, as saídas correspondem apenas à evaporação a partir da superfície livre da água. Considerou-se ainda que o processo de enchimento teve

início no primeiro dia do ano hidrológico (1 de Outubro) de cada ano da série em estudo (1988 – 2018).

3.3.4 Caudal de ponta: dimensionamento do descarregador

Pretendeu-se, nesta fase, determinar os valores máximos susceptíveis de serem atingidos pelos caudais de escoamento, ou seja, os caudais de ponta de cheia (Q_p). Com este valor, dimensionou-se um descarregador de cheia de soleira delgada. Neste trabalho Q_p (m^3/s) foi estimado com recurso a um método empírico, representado pela seguinte fórmula:

$$Q_p = C_{Qs} \cdot I \cdot A \quad [36]$$

onde C_{Qs} representa o coeficiente de escoamento superficial (adim.), I representa a intensidade de precipitação (m/s) para um determinado tempo de retorno e A a área da bacia hidrográfica que drena para a charca (m^2).

O coeficiente C_{Qs} baseia-se nas características da superfície do terreno, tendo neste trabalho tomado o valor de 0,15. Escolheu-se um período de retorno de 25 anos, aproximando-se este valor da série de dados (1988-2018), e um determinado tempo de concentração (t_c em horas), através da informação presente no anexo 21.

O cálculo do tempo de concentração, t_c , em horas foi baseado na equação proposta por Kirpich (Lencastre e Franco, 2003):

$$t_c = \frac{0,06628 \cdot L^{0,77}}{\gamma^{0,385}} \quad [37]$$

onde L é o comprimento da linha de água que percorre a bacia hidrográfica (km) e γ é o declive médio desse comprimento (m/m). L e γ foram obtidos com base na Figura 6.

Obtido o caudal máximo que o descarregador tem que escoar (Q), determinou-se a largura da sua crista (L_d), em metros (Lencastre e Franco, 2003):

$$Q = L_d C \frac{2}{3} \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \quad [38]$$

onde Q é o caudal de ponta (m^3/s), C é o coeficiente de vazão (adim.), g é a aceleração gravítica (m/s^2) e H é a carga hidráulica sobre a crista do descarregador (m), fixada em 0,5 m.

3.4 Dimensionamento hidráulico da adução

Pretendeu-se nesta fase dimensionar as tubagens que transportam a água desde a charca e do reservatório até aos locais de destino. Observando a disposição dos bebedouros, da charca e do reservatório, decidiu-se dividir o sistema em quatro sectores de modo a que todos eles necessitem de alturas manométricas semelhantes quando são alimentados pela mesma bomba (Fig. 7). O procedimento de cálculo é descrito seguidamente.

3.4.1 Condutas

Para cada sector calculou-se o caudal (m^3/s) a transportar durante o seu tempo de funcionamento para o mês mais desfavorável.

No sector 1 o volume mensal foi o calculado pela Eq. 32; nos sectores 2 e 3 o volume corresponde às *NHTM* adicionadas à evaporação que ocorre em cada bebedouro, considerando o número de bebedouros incluídos no sector. O volume mensal necessário ao sector 4 corresponde às *NHTM* adicionadas às necessidades hídricas para o parque de alimentação e ainda à evaporação que ocorre em cada bebedouro.

O diâmetro teórico da tubagem é calculado de modo a que a velocidade de escoamento esteja dentro dos limites recomendados (0,5 a 2 m/s), garantindo-se por um lado a autolimpeza (sem que ocorra deposição de sedimentos) e por outro a não ocorrência de perdas de carga excessivas. Recorrendo-se a um catálogo, escolhe-se um diâmetro comercial de acordo com a espessura das paredes do tubo associadas à sua classe de pressão nominal.

$$Q = v \cdot \left(\pi \cdot \frac{D^2}{4} \right) \quad [39]$$

$$D = D_{\text{ext}} - 2 \text{ Esp} \quad [40]$$

onde D é o diâmetro teórico (m), v é a velocidade de escoamento (m/s), D_{ext} é o diâmetro comercial externo (m) e Esp é a espessura das paredes do tubo (m).

Seguidamente determinam-se as perdas de carga totais (ΔH , m) que ocorrem com o diâmetro interno selecionado.

$$\Delta H = J + h_s \quad [41]$$

$$J = j \cdot L \quad [42]$$

onde J representa a perda de carga contínua (m), h_s as perdas de carga singulares (m), j a perda de carga unitária (m/m) e L o comprimento da tubagem (m).

Neste trabalho, a perda de carga unitária foi determinada com recurso à equação de Hazen-Williams (Quintela, 2000):

$$v = 0,849 \cdot C_{HW} \cdot R^{0,63} \cdot j^{0,54} \quad [43]$$

onde R é o raio hidráulico ($D/4$), em m, e C_{HW} é o coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams (150 para plásticos).

Considerou-se que as perdas de carga singulares (h_s) são uma percentagem das contínuas (15%).

3.4.2 Potência da bomba hidráulica

A potência da bomba (P_b , W) é calculada dividindo a potência que a bomba tem que fornecer ao escoamento (P_{esc} , W) pelo rendimento da bomba (η , adim.). A potência do escoamento é determinada a partir do caudal a elevar pela bomba, de acordo com a equação:

$$P_b = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta_b} \quad [44]$$

sendo γ o peso específico da água (N/m^3), Q o caudal a elevar em cada setor (m^3/s) e H_{mt} a altura manométrica da bomba para cada sector (m).

A altura manométrica determinou-se aplicando a Equação de Bernoulli entre duas secções de escoamento, uma correspondendo à superfície livre da água na charca e reservatório e outra na saída (1 e 2), para a situação mais desfavorável de cada sector:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{mt} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad [45]$$

sendo z_1 e z_2 as cotas, p_1 e p_2 as pressões relativas da água nas secções (Pa); v_1 e v_2 são as velocidades de escoamento (m/s); g é a aceleração gravítica (m/s^2); e ΔH é a perda de carga.

3.4.3 Verificação das condições de funcionamento da bomba: cavitação

Após realizadas todas estas contas é preciso verificar que não ocorre cavitação (vaporização da água) na bomba (Eq. 46 e Eq. 47).

$$NPSH_{requerido} < NPSH_{disponível} \quad [46]$$

$$NPSH_{disponível} = \frac{P_{atm.}}{\gamma} - (z_0 - z_b) - \Delta H - \left(\frac{es(T.méd)}{\gamma} \right) \quad [47]$$

Neste caso o $NPSH$ é a “Net Positive Suction Head” em metros; $P_{atm.}$ é a pressão atmosférica absoluta (Pa); γ é o peso específico da água (N/m^3); z_0 é a cota da superfície livre da água e z_b é a cota do eixo da bomba, ambas em metros; ΔH são as perdas de carga na aspiração (m) e $es(T.méd)$ é a pressão de vapor saturante para a temperatura média diária da série temporal (1988 - 2018).

3.4.4 Escolha da Bomba

De maneira a se escolher as duas melhores bombas para o sistema é necessário verificar nos catálogos quais as bombas que se aproximam melhor ao caudal a transportar em cada sector com a sua respectiva altura manométrica.

3.4.5 Pressão de serviço das tubagens

Determinadas ambas as bombas é necessário verificar se a tubagem escolhida suporta a pressão nominal quando o caudal é zero e toda a tubagem se encontra cheia (situação hidrostática). Eq. 48

$$PN = Hmt.C_s \quad [48]$$

Neste caso, PN é a pressão nominal, Hmt a altura manométrica da bomba quando o caudal é zero e, por fim, C_s é o coeficiente de segurança.

Determinada a pressão nominal máxima que a tubagem tem que suportar, é necessário confirmar no catálogo (Anexo 22 e 23) a pressão nominal de funcionamento máxima recomendada.

4. Resultados e Discussão

4.1 Estimativa das necessidades hídricas do efetivo bovino

4.1.1 Efetivo bovino

Com vista a determinar as necessidades hídricas das vacas produtoras, quando a temperatura média mensal é inferior a 15 °C, é necessário calcular as variáveis da Eq. 4.

Matéria seca ingerida (MSI)

Na determinação da MSI utilizaram-se os valores apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Determinação da matéria seca ingerida (MSI) para um arraçoamento para 100 vacas em produção.

Componente	Quantidade (kg dia ⁻¹)	Matéria seca (%)	Matéria seca (kg dia ⁻¹)
FA - Fenossilagem de azevém	1850	37,9	701,2
SM - Silagem de milho	1800	30	540
R – Ração	830	88,5	734,6
P – Pastagem	3155,2	18	567,9
MSI (por vaca)			25,3

Proteína bruta da forragem (PBf) (Eq. 6)

Devido à ausência de informação detalhada sobre a quantidade de proteína bruta de uma pastagem, utilizou-se o valor de 16% (Falcão, 2019. Comunicação pessoal). Os restantes valores foram determinados pela média das análises feitas na exploração às silagens (Anexo 25 e 26).

$$PBf = 0,13 \frac{g}{kg} \text{ de matéria seca}$$

Proporção de forragem no regime alimentar (PFO) (Eq. 7)

$$PFO = 71\%$$

Verifica-se que 71% do regime alimentar é proveniente de forragem, apresentando esta valores de humidade relevantes. Esta pode ser uma explicação para os valores diários de necessidades hídricas não serem tão elevados quanto os encontrados na literatura consultada.

Os resultados obtidos para ambas as componentes (Eq. 4 – $NH_{vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (L) e na Eq. 7 – $NH(>15^{\circ}C) \text{ vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (L)) estão apresentados no Quadro 3 com todas as variáveis utilizadas nos seus cálculos.

Quadro 3: Cálculo das necessidades hídricas para a manada produtora ao longo dos meses (Eq. 4 a Eq. 10).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Tmed (°C)	14,0	13,7	14,1	14,6	15,9	18,1	20,4	21,7	21,0	18,9	16,8	15,1	
Nº de vacas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Prod. (kg/dia)	29,1	29,3	28,6	29,9	32,5	26,7	28,5	27,0	27,4	27,8	28,4	31,2	10 538
MSI/vaca (kg/dia)	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	
MS (%)	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	
PBf (g/kg MS)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
PFO (%)	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	
NH vaca ⁻¹ dia ⁻¹ (L)	61,5	61,6	61,0	62,1	64,4	59,3	60,9	59,6	59,9	60,3	60,8	63,3	
NH (>15 °C) / vaca /dia (L)					0,6	2,5	5,2	7,1	6,0	3,4	1,4	0,1	
NHM/vaca (L)	1.907,6	1.725,3	1.891	1.864,4	2.017,3	1.856,3	2.049,8	2.067,5	1.979,6	1.974,1	1.865,4	1.964,1	
NHTM (L)	228.911,7	207.033,5	226.924,2	223.722,4	242.073,5	222.754,1	245.972,3	248.096,2	237.553,8	236.897,8	223.852,1	235.696,1	
NHTA (L)													2.779.488

onde T_m é a temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$) para a estação da Nordela, Ponta Delgada; $Prod.$ é a produtividade média por vaca (kg/dia) retirada do contraste leiteiro; $MSI/vaca$ é a matéria seca ingerida por vaca (kg/dia) observado no Quadro 2; MS é o teor médio de matéria seca do regime alimentar (g/100 g) retirado da Eq. 5; PBf é a proteína bruta da forragem (g/kg de matéria seca) retirado da Eq. 6; PFO é a proporção de forragem no regime alimentar (%) retirado da Eq. 7; $NH\text{ vaca}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ são as necessidades hídricas diárias para uma vaca (L) retirado da Eq. 4; $NH(>15^{\circ}\text{C})$ são as necessidades hídricas diárias para uma vaca (L) quando a temperatura média mensal é superior a 15°C , retirado da Eq. 8; $NHM/vaca$ são as necessidades hídricas mensais para uma vaca (L); $NHTM$ são as necessidades hídricas para o nº de vacas em produção num mês (L); $NHTA$ é a necessidade hídrica para o nº de vacas em produção no final de um ano (L).

Observando os valores obtidos para as $NH\text{ vaca}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ verificou-se que este valor era inferior ao apresentado na revisão bibliográfica por Meyer et al. (2004). Optou-se por inflacionar este valor com um coeficiente de ajustamento de 20% quando se procedeu ao cálculo mensal para a manada produtora ($NHTM$). Outro motivo que levou a aplicar este coeficiente foi que, analisando as faturas da água referentes à área do projecto para o ano de 2018, verificou-se que existe uma diferença de 1.031.438,7 litros para o consumo total anual de água na exploração (ver Quadros 4 e 5). Como o cálculo das NH foi baseado numa fórmula empírica e aceitam-se discrepâncias para a situação real, e todas as outras determinações tiveram como base a medição no terreno dos gastos, decidiu-se então aplicar o coeficiente de 20% na etapa da determinação das necessidades hídricas das vacas.

Quadro 4: Consumo total de água contabilizado para o projecto.

	Consumo anual (L)	Caudal (L/s)
NHTA	2.779.487,72	
Lavagem dos monges	25.636,19	
Lavagem do pavimento	251.787,43	
Limpeza da ordenha	182.500,00	
Total	3.239.411,34	0,103

Quadro 5: Total de água facturado no ano de 2018, referente a quatro contadores de água que abastecem a área de projecto.

Exploração				
Ano	Mês	Consumo (m ³)	Custo Final (€)	Consumo total (L)
2018	Jan	304,7	301,5	
	Fev	359,7	353,4	
	Mar	341,1	335,9	
	Abr	429,7	419,5	
	Mai	515,2	500,3	
	Jun	434,6	424,1	
	Jul	353,9	348,0	
	Ag	490,7	477,1	
	Set	463,7	456,8	
	Out	491,9	483,4	
	Nov	328,2	328,8	
	Dez	305,0	306,9	
Total		4.270,9	4.735,8	4.270.850,0

No entanto é de referir que o valor total do consumo de água observado nas faturas de água pode não estar 100% correto pois este é derivado do somatório das faturas referentes a quatro contadores, sendo que um deles abastece uma área fora da área do projecto, tendo-se considerado que apenas 70% do volume correspondente a este contador abastecia a área de projecto. Para além deste caso, sabe-se que ao longo do ano de 2018 ocorreram desperdícios de água devido à quebra de tubagens.

4.1.2 Parque de alimentação

Com base nas medições em campo sobre os gastos de água no parque de alimentação determinou-se a quantidade de água gasta por dia e num ano (Quadro 6).

Os cálculos foram feitos para as condições do dia 02-04-2019, em que estavam 112 vacas em produção. Há que referir que, devido à dificuldade em contabilizar a totalidade dos gastos, acredita-se que se pode gastar no parque de alimentação mais água que a que foi calculada, no entanto este valor já é uma boa aproximação da realidade, visto que foram tidos em conta os principais gastos de água.

Quadro 6: Medição dos três principais gastos de água por dia e de seguida por ano: Lavagem dos mongses, Limpeza da ordenha e Lavagem do pavimento.

Ordenha	Lavagem do monge (s)	Repetições (s)	7,3	Total por dia (L)	Total anual (L)
			4,0		
			7,9	1.260,1	459.923,6
			9,5		
			19,8		
			7,5		
			8,5		
			18,0		
			5,2		
			7,3		
			média (s)		
	Caudal das torneiras	Volume (L)	2,0		
			2,0		
			2,0		
			2,0		
		Media (L)	2,0		
			41,9		
		Tempo (s)	18,2		
			21,8		
			27,5		
			24,6		
		média (s)			
		Q. médio (L/s)		0,1	
		Consumo por vaca (L)		0,6	
		Consumo total (L)		70,2	
	Limpeza ordenha	Nº tanques/dia		10	
		Volume tanque (L)		50,0	
		Consumo total (L)		500,0	
Lavagem pavimento	Manhã	Tempo (s)	715,6		
	Tarde	Tempo (s)	220,0		
	Caudal da torneira	Volume (L)	8,0		
			8,0		
			8,0		
		Média (L)	8,0		
			10,3		
		Tempo (s)	11,2		
			10,9		
		Média (s)		10,9	
		Q. médio (L/s)		0,7	
		Consumo total (L)		689,8	

4.3 Dimensionamento hidrológico

4.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica e localização da charca

Com base na informação disponível (carta militar, modelo de elevação digital, orientação das encostas) e no conhecimento empírico do terreno decidiu-se implementar a charca na localização representada na Fig. 7. Com efeito, é para esta área que escoam as linhas de água que transporta o maior caudal, comparativamente com as linhas de água vizinhas. Definida a localização da charca e com base na carta militar, delimitou-se a bacia hidrográfica que irá drenar para a charca, tendo-se extraído a sua área (49.799 m^2) com recurso ao programa QGIS.

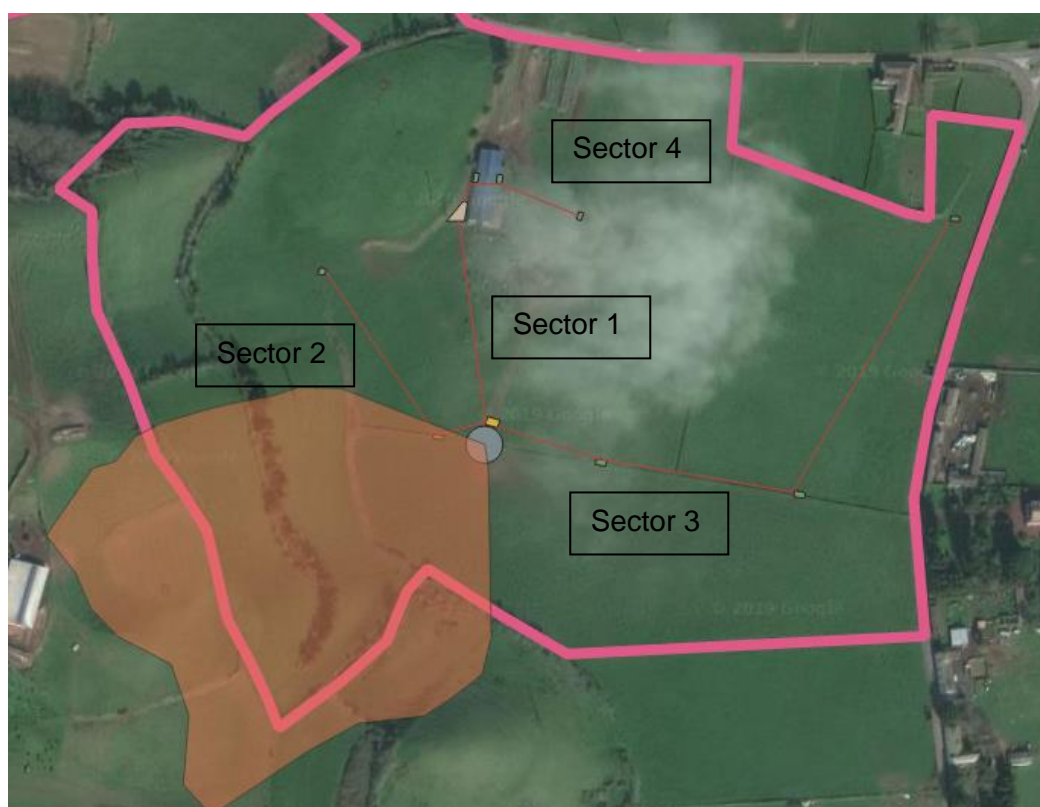


Figura 7: Localização da charca e delimitação da bacia hidrográfica. A azul encontra-se representada a charca, a cinzento o reservatório, a verde os vários bebedouros, a amarelo a casa das máquinas e a vermelho as condutas que ligam todo o sistema. Por sua vez, a laranja está representada a bacia hidrográfica que escoam para a charca.

4.3.2 Escoamento superficial a partir da precipitação

4.3.2.1 Componentes do escoamento

Para determinar o escoamento mensal ao longo da série temporal (1988 – 2018) recorreu-se ao modelo de Témez (1977). Os dados iniciais para o modelo foram atribuídos com base nas recomendações do autor (Témez, 1977), apresentados no Quadro 7, que reflectem um solo arenoso ($CC = 15\%$ e $CE = 7\%$), tendo-se considerado uma profundidade $z = 2 \text{ m}$.

Quadro 7: Parâmetros do modelo de Témez para o cálculo do escoamento

Parâmetro	valor
Capacidade utilizável (CU , mm)	160
Coeficiente de perdas iniciais (C)	0,3
Recarga máxima (Qm , mm)	100
Coeficiente de exaurimento (α)	0,05

A Figura 7 mostra a evolução do escoamento superficial mensal calculada ao longo dos anos de estudo.

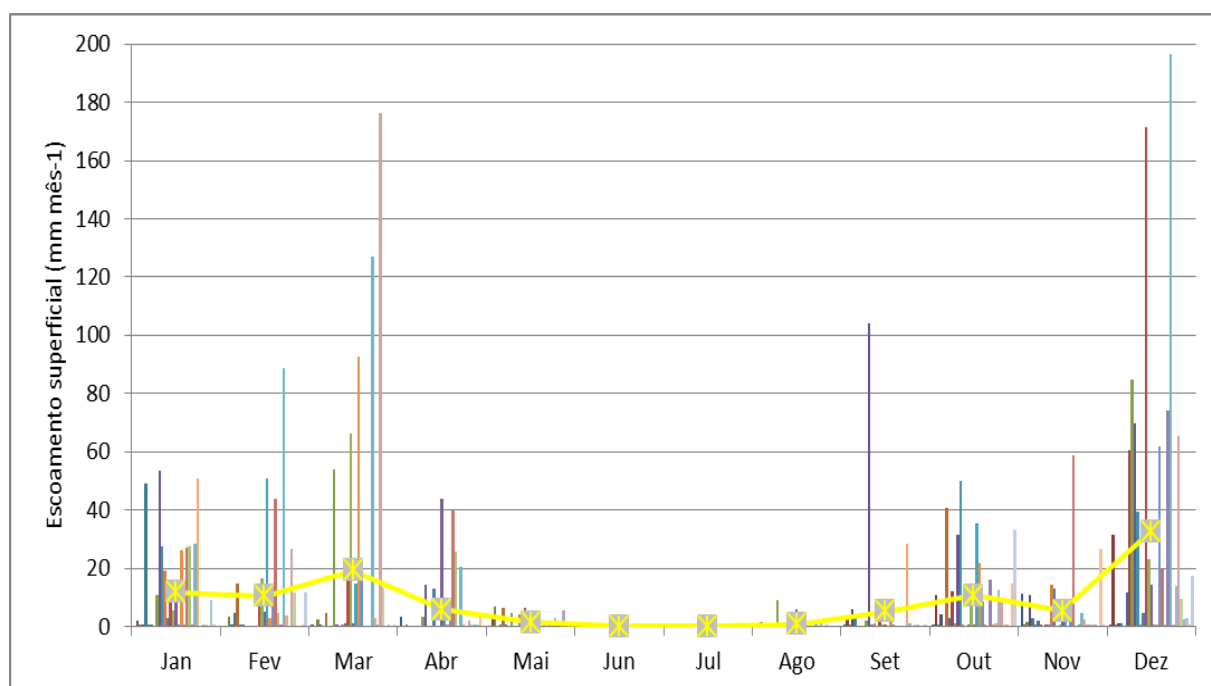


Figura 8: Representação do escoamento superficial (Q_s) por mês. Cada barra corresponde ao Q_s mensal para a série temporal (31 anos), sendo que cada mês contém 31 medições; a linha amarela representa o comportamento médio do Q_s por mês dos 31 anos.

O modelo de Témez ajusta o escoamento total calculado com base num escoamento total padrão da bacia hidrográfica. No entanto, na informação disponível no plano de gestão da região hidrográfica dos Açores 2016-2021, o escoamento superficial padrão existente é referente ao agregado das várias bacias hidrográficas de Ponta Delgada ($MIA74$), representando uma área de $60,54 \text{ km}^2$ e um Q_s de $1,82 \text{ hm}^3/\text{ano}$. Visto que a área da bacia hidrográfica para o projecto é apenas de 49.799 m^2 , não existe confiança para utilizar este valor padrão, pelo que se optou por não corrigir o Q_t com o Q_s padrão calculado para a área da bacia hidrográfica que irá alimentar a charca.

De modo a compreender o escoamento superficial ao longo das séries temporais, representaram-se os valores mensais e anuais de escoamento (Anexos 19 e 20) com recurso a diagramas de caixa e bigode. Esta análise permitiu concluir que existe uma

grande variabilidade do escoamento em cada mês ao longo da série temporal. O mês de Agosto é o mês que relativamente à sua mediana escoo o menor valor (0,29 mm), por sua vez o mês de Dezembro é o que, relativamente à sua mediana, escoo o maior valor (33,16 mm). O escoamento superficial anual, ao longo da série temporal, varia entre 8,32 mm e 465,73 mm, representado a sua mediana um valor de 67,5 mm.

4.3.2.2 Evapotranspiração de referência (ETo)

A evapotranspiração de referência foi calculada com base nos dados da estação meteorológica da Nordela, Ponta Delgada, e com base nos dados fornecidos pelo IPMA para os anos de 1988 a 2018 (31 anos). Constatase que a precipitação anual média é de 957,6 mm, ocorrendo a maioria dos eventos entre os meses de Setembro a Março. A temperatura média diária anual é de 17,6 °C e a amplitude térmica é pequena, com o menor valor médio a valer 11,7 °C (Fevereiro) e o maior 25,4 °C (Agosto) (Quadro 8).

Quadro 8: Médias mensais das variáveis climáticas utilizadas após correção das falhas da série 1988-2018.

dados mensais					
mês	dias	mTmin (°C)	mTmax (°C)	mPrec.mensal (mm)	mPrec.diaria (mm)
Jan	31	12,4	16,8	89,6	2,9
Fev	28	11,7	16,7	77,5	2,8
Mar	31	12,1	17,0	92,9	3,0
Abr	30	12,6	17,9	74,3	2,5
Mai	31	13,9	19,2	66,7	2,2
Jun	30	16,2	21,6	39,1	1,3
Jul	31	18,2	24,2	23,8	0,8
Ago	31	19,3	25,4	47,6	1,5
Set	30	18,6	24,4	86,0	2,9
Out	31	16,7	21,9	120,8	3,9
Nob	30	14,5	19,3	92,7	3,1
Dez	31	13,2	17,8	146,5	4,7
Total				957,5	

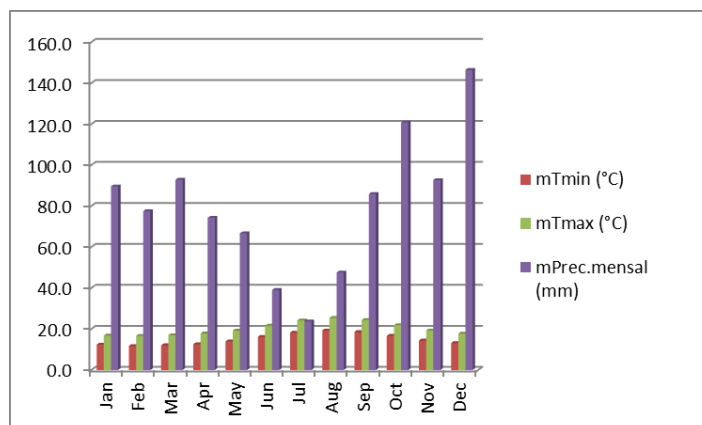


Figura 9: Médias mensais das variáveis climáticas utilizadas após correção das falhas da série 1988-2018.

Por sua vez, observando a distribuição da precipitação anual (Fig. 9), percebemos que existe uma grande variabilidade do seu valor de ano para ano.

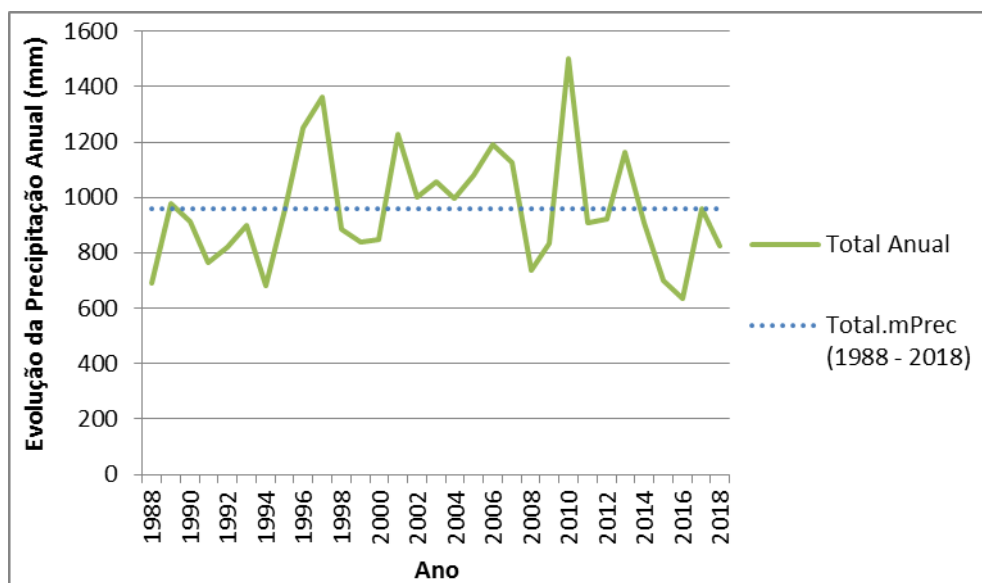


Figura 10: Evolução da precipitação anual (Total Anual) e da precipitação média (Total.mPrec) para Ponta Delgada, Nordela (1988 a 2018).

Corrigidas as falhas da série temporal (1988-2018) foi então possível determinar a ET_o usando a equação de Hargreaves-Samani, atribuindo o valor de 0,22 ao coeficiente empírico de ajustamento da radiação (KRs) (Paredes et al., 2018). Os valores de ET_o calculados apresentam-se na Figura 10.

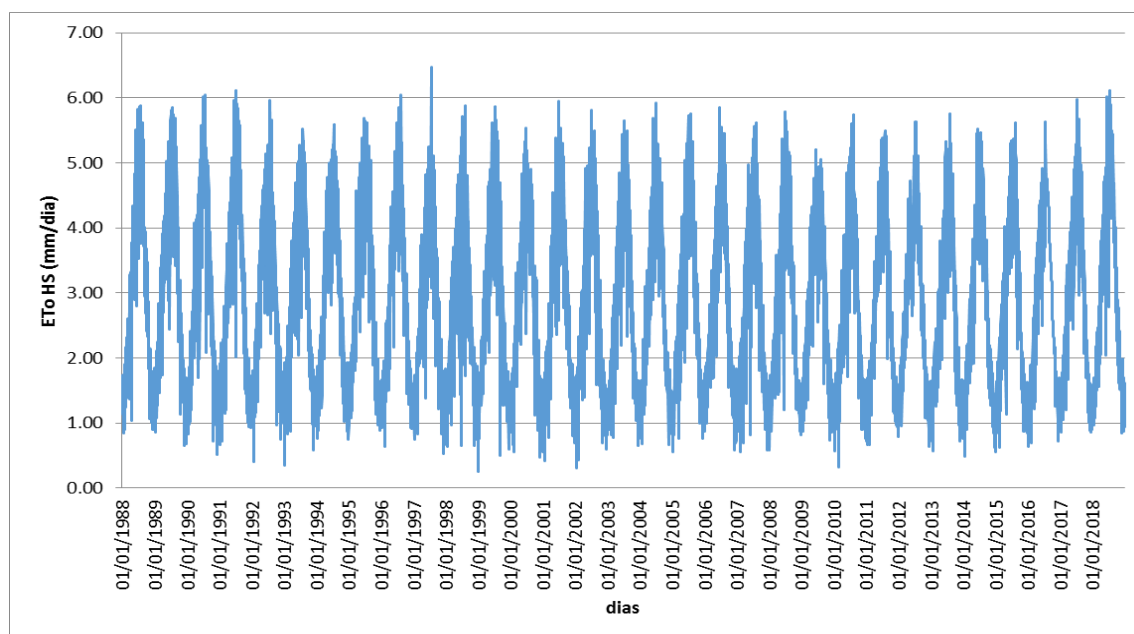


Figura 11: Evolução da evapotranspiração de referência (ET_o) ao longo dos dias da série temporal (1988 – 2018).

Verifica-se que os valores de ET_o mantêm-se constantes ao longo da série de tempo (1988 – 2018), variando entre 6,0 mm e 0,9 mm, sendo que Junho, Julho e Agosto são os meses com maiores ET_o e Novembro, Dezembro e Janeiro os meses com menores valores.

4.3.3 Determinação da capacidade útil da charca e do reservatório

De modo a determinar a capacidade a dar ao reservatório e à charca, foi necessário conhecer as necessidades hídricas totais mensais (N_{HTM}) e o consumo de água durante as ordenhas e lavagem do parque de alimentação (CA_{PA}) ao longo do ano, que se apresentam no Quadro 9.

Quadro 9: Contabilização dos gastos de água ao longo de um ano na exploração RFS (Eq. 9).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
NHTM (L)	228.911,7	207.033,5	226.924,2	223.722,4	242.073,5	222.754,1	245.972,3	248.096,2	237.553,8	236.897,8	223.852,1	235.696,1
CA PA (L)	39.062,0	35.281,8	39.062,0	37.801,9	39.062,0	37.801,9	39.062,0	39.062,0	37.801,9	39.062,0	37.801,9	39.062,0
Total (L)	267.973,7	242.315,3	265.986,2	261.524,4	281.135,5	260.556,1	285.034,3	287.158,2	275.355,8	275.959,8	261.654,0	274.758,1

Visto que existe uma ligação entre o reservatório e a charca, as *NHTM* foram distribuídas entre os dois, sabendo-se que o reservatório irá alimentar três de oito bebedouros (3/8) e a charca os restantes (5/8).

O Quadro 10 apresenta um exemplo de cálculo do balanço hídrico do reservatório e da charca, referente ao ano de 1992, usando um caso específico de dimensionamento da charca (3.500.000 litros) e do reservatório (130.000 litros) para o ano (1992) com o mês limitante da ΔAz do reservatório.

Quadro 10: Exemplo do cálculo do balanço hídrico para o ano de 1992 (Eq. 23; Eq. 24; Eq. 9; Eq. 31; Eq. 32 e Eq. 33).

mês	Entradas					Saidas				ΔAz	
	V proj (L)	R (mm)	A ch (m ²)	A PA (m ²)	Ev (mm)	Ár. Ch. (m ²)	CA PA (mm)	NHTM (L)	Res.	charca (L)	reservatório (L)
Jan	2.434.419,6	177,8	1.166,7	781,2	41,5	1.166,7	39.062,0	228.911,7	-90.762,8	2.359.586,9	13.993,5
Fev	240.305,7	83,8	1.166,7	781,2	54,5	1.166,7	35.281,8	207.033,5	-90.762,8	54.275,1	-47.454,8
Mar	0,0	34,0	1.166,7	781,2	76,1	1.166,7	39.062,0	226.924,2	-90.762,8	-281.734,6	-97.597,8
Abr	0,0	15,4	1.166,7	781,2	107,4	1.166,7	37.801,9	223.722,4	-90.762,8	-337.877,8	-109.667,4
Mar	15.318,8	85,9	1.166,7	781,2	122,7	1.166,7	39.062,0	242.073,5	-90.762,8	-269.696,8	-62.734,5
Jun	0,0	15,4	1.166,7	781,2	124,2	1.166,7	37.801,9	222.754,1	-90.762,8	-356.930,2	-109.304,3
Jul	0,0	2,1	1.166,7	781,2	142,0	1.166,7	39.062,0	245.972,3	-90.762,8	-407.716,8	-129.661,1
Ago	0,0	32,9	1.166,7	781,2	134,6	1.166,7	39.062,0	248.096,2	-90.762,8	-364.428,8	-106.396,6
Set	168.379,8	125,0	1.166,7	781,2	105,2	1.166,7	37.801,9	237.553,8	-90.762,8	-47.699,7	-29.234,6
Out	0,0	48,3	1.166,7	781,2	73,2	1.166,7	39.062,0	236.897,8	-90.762,8	-267.917,8	-90.166,7
Nov	144.841,2	112,9	1.166,7	781,2	49,9	1.166,7	37.801,9	223.852,1	-90.762,8	-12.342,7	-33.549,0
Dez	52.339,5	88,4	1.166,7	781,2	43,3	1.166,7	39.062,0	235.696,1	-90.762,8	-133.083,5	0,0

Observando que a ΔAz do reservatório é maioritariamente negativa em todos os meses da série temporal (1988 – 2018), será necessário bombear água da charca para o reservatório. Como tal, verificou-se qual seria o mês limitante da série temporal ($\Delta Az = -129.661,1$) e, para não se sobredimensionar a água bombada para o reservatório (Res.), aplicou-se um coeficiente empírico de ajustamento ($K_r=0,7$), de modo que em todos os meses são bombados 90.762,8 litros de água da charca para o reservatório.

A área da charca (A_{ch}) foi obtida depois de se ter dimensionado o seu volume de modo a satisfazer o cliente, fixando uma altura de 3 m (capítulo 4.4, Quadro 14).

4.3.4 Caudal de cheia: dimensionamento do descarregador

Seguindo a metodologia proposta no capítulo 3.3.4, calculou-se o tempo de concentração (t_c) e o caudal de ponta (Q) para o dimensionamento da charca e do reservatório com os resultados apresentados nos Quadros 11 e 12.

Quadro 11: Tempo de concentração e parâmetros usados (Eq 37) para a bacia hidrográfica do projeto.

t_c	0,06	h
L	0,334	km
y	0,15	mm

Quadro 12: Caudal de ponta e parâmetros utilizados (Eq 36).

Caudal de ponta de cheia (Q)	0,39	m^3/s
	388,3	L/s
c	0,15	
i	0,000003	m/s
A	49.799,0	m^2

Para determinar a intensidade de frequência da chuva (i), para o tempo de concentração de 0,06 h e um período de retorno de 25 anos (sendo o valor mais próximo da nossa série temporal), recorreu-se à curva de intensidade de frequência e duração na ilha de São Miguel, Fajã de Cima (Anexo 21).

O coeficiente de escoamento superficial (c) foi retirado de Lencastre e Franco (2003) para um coberto vegetal de pastagens com capacidade de infiltração superior à média aplicável a solos arenosos.

Optou-se por um descarregador rectangular de soleira delgada para facilitar a , o que resultou na largura (L) de 0,6 m determinada para uma carga (H) fixada em 0,5 m, para o caudal de ponta (Q) de $0,39 m^3/s$ e para um coeficiente de vazão (C) de 0,62 (Quadro 13).

Quadro 13: Determinação da largura (L) do descarregador de soleira delgada (Eq. 38).

Q	0,39	m^3/s
L	0,6	m
C	0,62	
H	0,5	m

4.4 Dimensionamento da charca e do reservatório

Através de várias simulações de volumes da charca com o balanço hídrico da série temporal verificou-se que apenas duas simulações respeitavam os mínimos para satisfazer as necessidades do cliente (3.500.000 L e 4.000.000 L) (Quadro 14).

Quadro 14: Análise estatística dos 372 meses e dos 31 anos em que a charca não tem volume para suportar o mês seguinte (Eq. 35).

		Nº anos em que a charca não tem algum mês com capacidade de suportar as necessidades do mês seguinte											
		12	12	13	...	18	...	26	...	30	...	31	
Nº meses em que a charca não tem capacidade de suportar as necessidades do mês seguinte	72	4.000.000											
	:												
	79		3.500.000										
	:												
	89			3.000.000									
	:												
	106					2.500.000							
	:												
	132							2.000.000					
	:												
	164									1.500.000			
	:												
	199												1.000.000
		1.000.000	1.500.000	2.000.000	2.500.000	3.000.000	3.500.000	4.000.000					
		meses	anos	meses	anos	meses	anos	meses	anos	meses	anos	meses	anos
		53%	100%	44%	97%	35%	84%	35%	58%	24%	42%	21%	39%

Optou-se por escolher uma charca de volume 3.500.000 litros pelas seguintes razões: quando se calculou o balanço hídrico para 4.000.000 litros apenas houve uma diferença de 2 % relativamente aos meses em que a charca não suporta as necessidades do próximo mês e não existe nenhuma diferença relativamente aos anos em que a charca tem algum mês que não suporte o próximo; e, devido ao custo de construção e à área perdida, o cliente não se encontra inclinado a construir uma charca de tamanho superior a 3.500.000 litros.

Não foi necessário projectar a charca para que esta nunca falhasse pois, neste momento, a área de projecto já é alimentada pela água da rede pública e existe a necessidade de minimizar o investimento inicial para obter a viabilidade económica do projecto.

No caso do reservatório, dimensionou-se o mesmo para que este suportasse os gastos de água do mês limitante da série temporal ($\Delta Az = -129.661,1$), pelo que se arredondou o valor para 130.000 litros. De seguida confirmou-se que, com este volume, o reservatório nunca secava, pressupondo que é alimentado pela charca com 90.762,8 litros/mês, pelo que validamos o coeficiente de ajustamento (K_r) da Eq. 32.

Depois de decidido o volume da charca e do reservatório, foi necessário saber quantos meses demorava a charca a encher para cada ano da série temporal. Como no ano hidrológico de 2018 a charca não ficou cheia, este ano foi descartado, passando a série temporal a ser constituída por 30 anos (Quadro 15).

Quadro 15: Análise estatística do número de meses que demora à charca encher até ao volume de 3.500.000 litros. Série temporal de 30 anos.

	Nº meses	Prob. Empírica
1995	3	13%
1996	3	13%
1997	3	13%
1998	3	13%
2001	3	13%
2006	3	13%
2007	3	13%
2009	3	13%
2010	3	13%
2013	3	13%
2004	5	22%
2002	6	26%
2005	6	26%
2003	7	30%
2011	12	52%
1992	13	57%
2008	13	57%
2017	13	57%
1993	15	65%
1994	15	65%
2000	15	65%
2012	15	65%
1991	16	70%
2016	25	
1989	26	
1999	27	
1990	28	30%
2015	37	
1988	38	
2014	38	

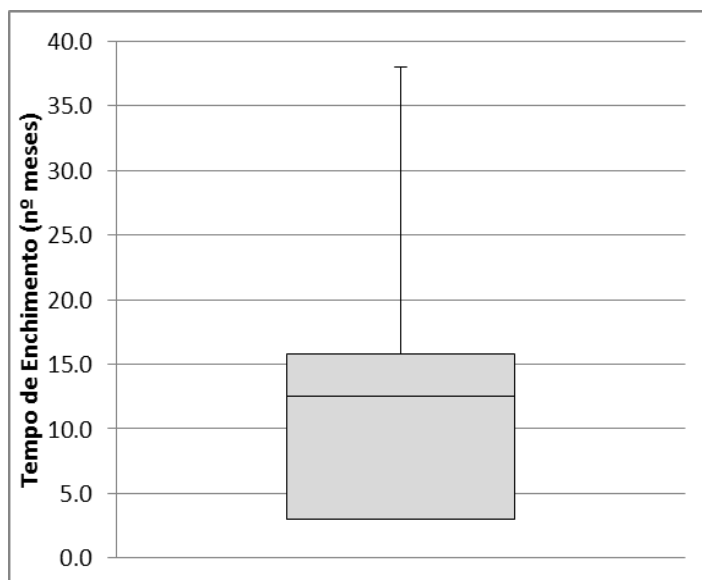


Figura 12: Boxplot para número de meses que demora a charca a encher ao longo de 30 anos (1988 - 2017). (Mínimo = 1º Quartil = 3; Mediana = 12,5; 3º Quartil = 15,75; Máximo = 38; Média = 13,3).

Observando estes resultados podemos concluir que em 70% dos 30 anos a charca fica cheia em menos do que 24 meses. Por outro lado, em 52% dos 30 anos a charca demorou 12 meses a encher. Nos restantes 30% dos anos a charca demorou mais do que dois anos a ficar cheia.

4.5 Dimensionamento hidráulico do armazenamento e da adução

O dimensionamento hidráulico do armazenamento e da adução foi feito de acordo com os quatro sectores identificados no capítulo 4.3.1 e na Fig. 7. Como tal vão ser necessárias duas bombas, uma que alimente o sector 1, 2 e 3 e outra que alimente o sector 4.

4.5.1 Condutas

Sector 1

Este sector é responsável pelo abastecimento do reservatório (revestido) situado junto ao parque de alimentação para onde é transportado um volume de 90.782,8 L mensalmente. Definiu-se que o tempo de funcionamento diário seria de 2 h. Visto que o mês com menos dias é Fevereiro (28 dias), considerou-se este como o mês limitante.

Os resultados encontram-se apresentados nos Quadros 16 e 17.

Quadro 16: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 1; coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.

Dados Sector 1	
Q_{total} (m ³ /s)	4,50E-04
C_{HW}	150
Fator perdas carga sing	0,15
Desnível (m)	10,7

Quadro 17: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).

Conduto Sector 1											
Troço	L (m)	Q (m ³ s ⁻¹)	D_{ext} (m)	E_{sp} (m)	D (m)	v (m s ⁻¹)	R (m)	j (m m ⁻¹)	J (m)	h_s (m)	ΔH (m)
1	150	0,00045	0,025	0,0035	0,018	1,769	0,005	0,199	29,835	4,475	34,310

Sector 2

Este sector é responsável pelo abastecimento de dois de oito bebedouros não revestidos, como tal, mensalmente é transportado $\frac{2}{8} \times 248.096,2$ L mais as perdas por evaporação dos dois bebedouros para o mês de Agosto (31 dias), de acordo com a sua área ($2 \times 18.495,8$ L), sendo Agosto o mês limitante pois é quando as $NHTM$ e as perdas por evaporação são maiores. Neste caso, utilizou-se como tempo de funcionamento do sector 2 h.

Os resultados encontram-se apresentados nos Quadros 18 e 19.

Quadro 18: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 2; coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.

Dados Sector 2	
nº bebedouros	2
Q_{total} (m ³ /s)	4,44E-04
C_{HW}	150
Fator perdas carga sing	0,15
Desnível (m)	9,05

Quadro 19: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).

Conduto Sector 2											
Troço	L (m)	Q (m ³ s ⁻¹)	D_{ext} (m)	E_{sp} (m)	D (m)	v (m s ⁻¹)	R (m)	j (m m ⁻¹)	J (m)	h_s (m)	ΔH (m)
1	174	0,00044	0,025	0,0035	0,01	1,743	0,005	0,194	33,675	5,051	38,727

Sector 3

Este sector é responsável pelo abastecimento de três de oito bebedouros não revestidos, como tal, mensalmente é transportado $\frac{3}{8} \times 248.096,2$ L mais as perdas por evaporação dos três bebedouros para o mês de Agosto (31 dias), de acordo com a sua área ($3 \times 18.495,8$ L), sendo este o mês limitante pois é quando as *NHTM* e as perdas por evaporação são maiores. Neste caso, utilizou-se como tempo de funcionamento do sector 2,5 h.

Os resultados encontram-se apresentados nos Quadros 20 e 21.

Quadro 20: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (*Q total*) para o tempo de funcionamento diário do sector 3; coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.

Dados Setor 3	
nº bebedouros	3
<i>Q total</i> (m³/s)	0,00053
C_{HW}	150
Fator perdas carga sing	0,15
Desnível (m)	0,05

Quadro 21: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).

Conduto Setor 3											
Troço	<i>L</i> (m)	<i>Q</i> (m³ s⁻¹)	<i>Dext</i> (m)	<i>Esp</i> (m)	<i>D</i> (m)	<i>v</i> (m s⁻¹)	<i>R</i> (m)	<i>j</i> (m m⁻¹)	<i>J</i> (m)	<i>hs</i> (m)	ΔH (m)
1	431	0,00067	0,032	0,003	0,026	1,253	0,0065	0,0684	29,480	4,422	33,902

Sector 4

Este sector é responsável pelo abastecimento de três de oito bebedouros não revestidos, como tal, mensalmente é transportado $\frac{3}{8} \times 248.096,2$ L, mais as perdas por evaporação dos três bebedouros para o mês de Agosto (31 dias), de acordo com a sua área ($3 \times 18.495,8$ L), mais o consumo de água do parque de alimentação (39.062 L) para o mês de Agosto, sendo este o mês limitante pois é quando as *NHTM*, os CA_{PA} e as perdas por evaporação são maiores. Neste caso utilizou-se como tempo de funcionamento do sector 3,3 h.

Os resultados encontram-se apresentados nos Quadros 22 e 23.

Quadro 22: Pressupostos para cálculo da perda de carga total (m): determinação do caudal diário (Q_{total}) para o tempo de funcionamento diário do sector 4; coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams utilizado (C_{HW}); factor de perdas de carga singulares utilizado e desnível do sector.

Dados Setor 4	
nº bebedouros	3
Q_{total} (m ³ /s)	0,00051
C_{HW}	150
Fator perdas carga sing	0,15
Desnível (m)	0,65

Quadro 23: Verificação da velocidade da água na tubagem e da perda de carga total (ΔH) (Eq. 39 a Eq. 43).

Conduto Setor 4											
Troço	L (m)	Q (m ³ s ⁻¹)	D_{ext} (m)	E_{sp} (m)	D (m)	v (m s ⁻¹)	R (m)	j (m m ⁻¹)	J (m)	h_s (m)	ΔH (m)
1	37	0,00051	0,040	0,0037	0,033	0,610	0,008	0,014	0,513	0,077	0,590

Por sua vez, os dados referentes à tubagem (D_{ext} e E_{sp}) foram retirados do catálogo da Alfatubo (Anexo 23 para os sectores 1, 2 e 3; Anexo 22 para o sector 4).

De modo a uniformizar o funcionamento da bomba que irá alimentar o sector 1, 2 e 3, foi necessário ajustar os tempos de funcionamento e os diâmetros, o que levou à existência de perdas de carga totais elevadas.

Em suma, a bomba que vai alimentar os sectores 1, 2 e 3 apresenta um tempo de funcionamento total de 7 h 36 min e a bomba que vai alimentar o sector 4 apresenta um tempo de funcionamento de 3 h 18 min.

4.5.2 Potência da bomba hidráulica

Sector 1, 2 e 3

Os cálculos demonstram que a potência útil que é necessário fornecer ao escoamento será em torno de 0,3 kW (Quadro 24).

Quadro 24: Determinação da potência da bomba que irá alimentar os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 44 e Eq. 45).

Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Potência Bomba (kW)	0,33	Potência Bomba (kW)	0,32	Potência Bomba (kW)	0,34
γ (N/m ³)	9.800	γ (N/m ³)	9.800	γ (N/m ³)	9.800
Q (m ³ /s)	0,0045	Q (m ³ /s)	0,00044	Q (m ³ /s)	0,00053
Q (m ³ /h)	1,62	Q (m ³ /h)	1,60	Q (m ³ /h)	1,92
H_{mt} (m)	45,17	H_{mt} (m)	44,60	H_{mt} (m)	39,19
η da bomba	0,60	η da bomba	0,60	η da bomba	0,60

Determinação da *Hmt* para a situação limitante dos sectores 1, 2 e 3:

Quanto ao sector 1, a charca não pode ter menos de 0,3 m de água e, para além dos 3 m de profundidade, ainda tem mais 0,5 m devido ao descarregador ($z_1 = -3,2\text{m}$). Sendo o ponto de saída do sector 2 e 3 uma torneira com bóia de $\frac{3}{4}$ de polegada (Anexo 24) a velocidade v_2 será calculada para este diâmetro e não para o diâmetro da tubagem, como no sector 1 (Quadro 25).

Quadro 25: Determinação da altura manométrica da bomba (*Hmt*) para os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 45) (todos os valores em metros).

	Setor 1		Setor 2		Setor 3
<i>Hmt</i>	45,17	<i>Hmt</i>	44,60	<i>Hmt</i>	39,19
z_1	-3,2	z_1	-3,2	z_1	-3,2
p_1/γ	0	p_1/γ	0	p_1/γ	0
$v_1^2/2g$	0	$v_1^2/2g$	0	$v_1^2/2g$	0
z_2	7,5	z_2	5,75	z_2	-3,25
p_2/γ	0	p_2/γ	0	p_2/γ	0
$v_2^2/2g$	0,160	$v_2^2/2g$	0,124	$v_2^2/2g$	0,178
ΔH	34,310	ΔH	38,727	ΔH	39,064

Sector 4

No caso do sector 4, visto que este é um sector independente, a sua potência útil não tem que ser equivalente aos restantes sectores. (Quadro 26)

Quadro 26: Determinação da potência útil da bomba que irá alimentar o sector 4 (Eq. 44).

Sector 4	
Potência Bomba (kW)	0,10
γ (N/m ³)	9.800
Q (m ³ /s)	0,00051
Q (m ³ /h)	1,83
<i>Hmt</i> (m)	11,66
η da bomba	0,60

Na determinação da *Hmt* deste sector, a situação limitante nesta situação não é o último bebedouro, mas sim o que se situa à mesma cota e à maior distância do reservatório, visto que, se a água chegar a este bebedouro, também chegará ao último pois está a uma cota

inferior. Neste caso, consideramos que o nível de água do reservatório não pode ser inferior a 0,1 m e que a saída de água dá-se a 0,75 m da cota da bomba (altura dos bebedouros).

Como no ponto 1 ainda existe uma coluna de 0,1 m de água a sua pressão p_1 será equivalente à mesma (Eq. 49) e no ponto 2 a pressão será equivalente à pressão atmosférica. No entanto, a velocidade v_2 será calculada para o diâmetro da torneira de $\frac{3}{4}$ de polegada (Anexo 24) (Quadro 27).

Quadro 27: Determinação da altura manométrica da bomba (H_{mt}) do sector 4 (Eq. 45) (todos os valores em metros).

Setor 4	
H_{mt}	11,66
z_1	0,1
p_1/γ	0,0837
$v_1^2/2g$	0
z_2	0,75
p_2/γ	10,339
$v_2^2/2g$	0,163
ΔH	0,590

$$p_1 = \rho gh \quad [49]$$

$$p_1 = 980 \text{ Pa}$$

4.5.3 Verificação das condições de funcionamento da bomba: cavitação

Sector 1, 2 e 3

Com o intuito de verificar se a bomba que alimenta os sectores 1, 2 e 3 tem um funcionamento adequado e não existem condições para a ocorrência de cavitação, calculou-se para todos estes o $NPSH$ disponível (Quadro 28).

Quadro 28: Verificação da não existência de condições para a ocorrência de cavitação ($NPSH$ disponível > $NPSH$ requerido) para os sectores 1, 2 e 3 (Eq. 46 e Eq. 47).

Sector 1		Sector 2		Sector 3	
$NPSH$ disponível (m)	4,94	$NPSH$ disponível (m)	5	$NPSH$ disponível (m)	6,15
$NPSH$ requerido (m)	3,2	$NPSH$ requerido (m)	3,2	$NPSH$ requerido (m)	3,2
P atm (Pa)	101.325	P atm (Pa)	101.325	P atm (Pa)	101.325
γ (N/m ³)	9.800	γ (N/m ³)	9.800	γ (N/m ³)	9.800
zo-zb (m)	-3,2	zo-zb (m)	-3,2	zo-zb (m)	-3,2
ΔH (m)	1,99	ΔH (m)	1,94	ΔH (m)	0,79
es (Pa)	2.012,65	es (Pa)	2.012,65	es (Pa)	2.012,65

Sector 4

Com o intuito de verificar se a bomba que alimenta o sector 4 tem um funcionamento adequado e não existem condições para a ocorrência de cavitação calculou-se para este o $NPSH$ disponível (Quadro 29).

Quadro 29: Verificação da não existência de condições para a ocorrência de cavitação ($NPSH$ disponível > $NPSH$ requerido) (Eq. 46 e Eq. 47).

$NPSH$ disponível (m)	10,10
$NPSH$ requerido (m)	0,10
P atm (Pa)	101.325
γ (N/m ³)	9.800
zo-zb (m)	0,10
ΔH (m)	0,14
es (Pa)	2.012,65

A pressão de vapor saturante (es) foi calculada em todos os sectores para a temperatura média diária ao longo da série temporal, de valor 17,6 °C.

4.5.4 Escolha da Bomba e validação da tubagem

Usando o catálogo da empresa PENTAX pumps, verificamos que a bomba que melhor se adequa para os sectores 1,2 e 3 é a PM 80 e para o sector 4 é a PM 45, respectivamente com uma potência de 0,5 kW e 1,1 kW (Fig. 12).

TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)							
1~	3~					1~	3~	0	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4	2,7	3
								0	5	10	20	30	40	45	50
						(HP)	(kW)	1~	3~	1x220 V 60 Hz	3x380 V 60 Hz	H (m)			
PM 45	PMT 45	0,5	0,37	0,5	0,5	2,3	1	40	35	30	21	13	5	-	-
PM 45BR	PMT 45BR	0,5	0,37	0,5	0,5	2,3	1	40	35	30	21	13	5	-	-
PM 45A	PMT 45A	0,5	0,37	0,5	0,5	2,3	1	40	35	30	21	13	5	-	-
PM 65	PMT 65	0,7	0,5	0,9	0,9	4	1,7	53,1	48,8	44,1	33,8	24,7	15,5	11,6	-
PM 65A	PMT 65A	0,7	0,5	0,9	0,9	4	1,7	53,1	48,8	44,1	33,8	24,7	15,5	11,6	-
PM 80	PMT 80	1	0,74	1,1	1,1	5,2	2	65	61	56	48	39	31	25,1	18
PM 80A	PMT 80A	1	0,74	1,1	1,1	5,2	2	65	61	56	48	39	31	25,1	18
PM 90	PMT 90	1	0,74	1,2	1,1	5,6	2	88,2	79,2	69,3	49,5	28,8	8,8	-	-

PM

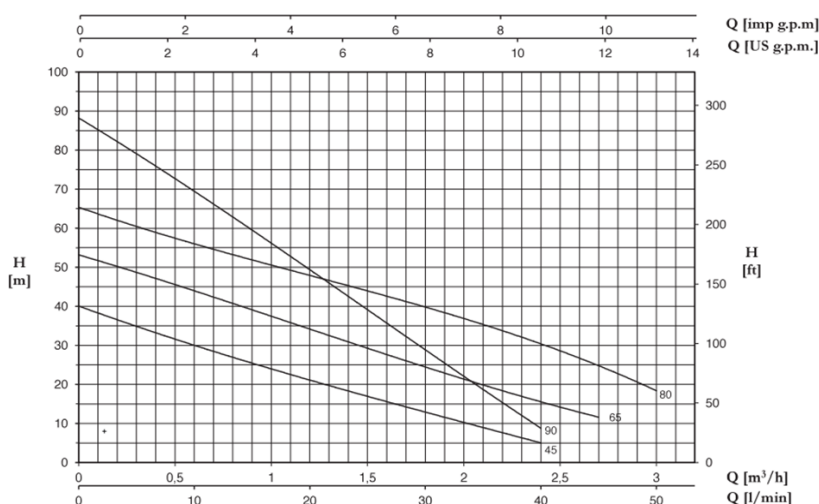


Figura 13: Características das bombas PENTAX PM escolhidas.

De maneira a validar a escolha da tubagem, é necessário verificar qual a PN quando o caudal da bomba é zero e as tubagens estão cheias (situação hidrostática) (Quadro 30 e 31).

Quadro 30: Classe da Pressão Nominal para a bomba 1 (Eq. 48).

Classe de Pressão Nominal		
PN	78	m
	7,8	bar

Quadro 31: Classe da Pressão Nominal para a bomba 2 (Eq. 48).

Classe de Pressão Nominal		
PN	48	m
	4,8	bar

Determinada a PN é necessário confirmar que esta é menor que a PN recomendada no catálogo (10 bar para o sector 1, 2 e 3; 6 bar para o sector 4).

Em suma conclui-se que para cada sector foi escolhida a melhor bomba como se mostra no Quadro 32.

Quadro 32: Modelos das bombas escolhidas da empresa PENTAX e suas especificações (Comp. Total, Temp. funcionamento, potência máxima (P.máx), diâmetro externo, espessura e pressão nominal para as condutas escolhidas) para cada sector.

Sector	Bomba				Conduta		
	Modelo	Tempo Funcionamento (h)	P.máx (kW)	Comp. Total (m)	D ext. (mm)	Esp. (mm)	PN (bar)
1	PM80	2	1,1	150	25	3,5	10
2	PM80	2	1,1	174	25	3,5	10
3	PM80	2,5	1,1	431	32	4,4	10
4	PM45	3,3	0,5	37	40	3,7	6

Conclusões

Com a realização deste projecto verificou-se que, devido à textura dos solos, existem grandes perdas de água por infiltração, o que, aliado ao declive da encosta estudada, impossibilita a captação de água subterrânea, preferencial à de origem superficial.

Tendo em conta que, ao longo do ano, a ocorrência de escoamento superficial se concentra nos meses com maiores precipitações e havendo um grande espaçamento entre estes períodos, existe a necessidade de construção de infra-estruturas de maiores volumes (charca e reservatório).

Devido ao afastamento entre os períodos em que ocorre um escoamento superficial significativo, não foi possível projectar uma charca que suportasse a 100% as necessidades anuais da exploração. Como tal, o presente projecto não elimina a necessidade da exploração RFS em se manter ligada à rede de abastecimento de água pública.

Visto que este projecto utiliza água de escoamento superficial, aconselha-se um estudo mais aprofundado quanto a possíveis sistemas de filtração contra agentes patogénicos (por exemplo, bactérias coliformes) para garantir a qualidade da água.

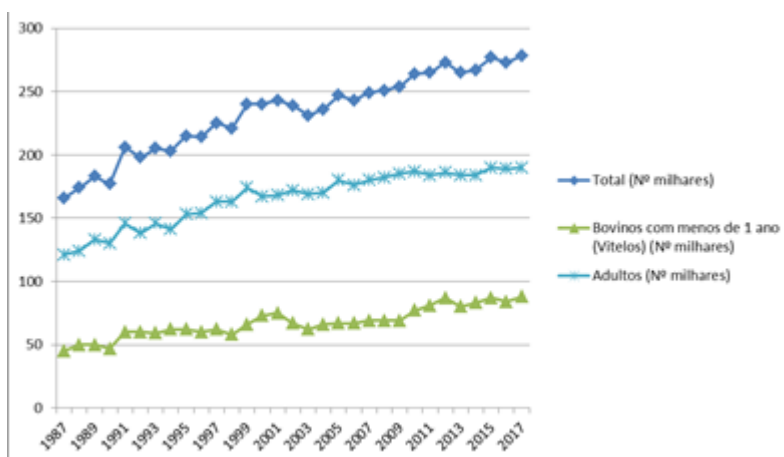
Constatou-se que os caudais em cada sector, para o tempo de funcionamento devido e necessidades, eram relativamente baixos, pelo que bombas de até 1,1 kW são suficientes, com tubos de no máximo 32 mm de diâmetro externo.

Bibliografia

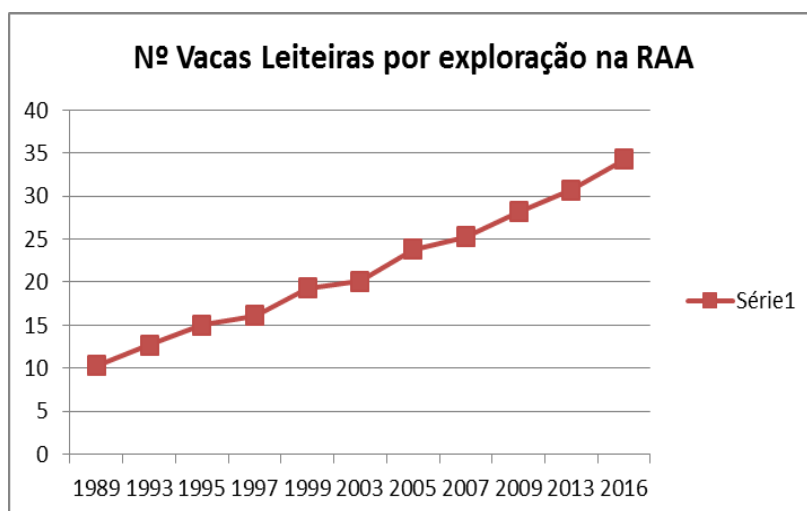
- Açores, G. (2016-2021). Plano de gestão da região hidrográfica dos Açores. Relatório técnico: Caracterização e diagnóstico – São Miguel.
- ALFATUBO, Engineering pipes. Serzedo, Portugal.
http://www.alfatubo.pt/documentos/cats/12/CAt_Alfatubo%20SC.pdf
- Azevedo, E. M. V. B. (2001). Condicionantes dinâmicas do clima do Arquipélago dos Açores, Elementos para o seu estudo. Açoreana, p. 309-317.
- Böhlke, J. K. (2002). Groundwater recharge and agricultural contamination Hydrogeology Journal 10:153.
- Borges, P.A.V., Azevedo, E.B., Borba, A., Dinis, F.O., Gabriel, R. e Silva, E. (2009). Ilhas Oceânicas. In: Pereira, H.M., T. Domingos & L. Vicente (eds.), Portugal Millenium Ecosystem Assessment, p. 461-508. Escolar Editora, Lisboa.
- Clark, J. H., Beede, D. K., Erdman, R. A., Goff, J. P., Grummer, R. R., Linn, J. G., Pell, A. N., Schwab, C. G., Tomkins, T., Varga, G. A. , Weiss, W. P., Cromwell, G. L., Allen, M. E., Galyean, M. L., Hardy, R. W., McBride, B. W., Rinehart, K. E., Southern, I. L., Spears, J. W., Topliff, D. R., Weiss, W. P., Baker, D. H., Berenbaum, M. R., Flora, C. B., Fraley, R. T., Fridley, R. B., Gomes, W. R., Hagenstein, P. R., Hallberg, G. R., Juma, C., Leveille, G. A., MacMillan, W., Ogren, W. L., Rachman, N. J., Schuh, G. E., Suttie, J. W., Urban, T. N., Wilson, R. P., Zuiches, J. J. (2001). Nutrient requirements for dairy cattle. NATIONAL ACADEMY PRESS. 7ª Edição, Washington, D. C.
- Coombes, P. J. (2017). Draft Rainwater Harvesting Position Paper. Rainwater Harvesting Association of Australia.
- D. G. A. V. (2014). Água de Qualidade Adequada para Alimentação Animal. Guia de boaspráticas, p. 1-15.
- D.R. Ambiente (2014-2016). Relatório do estado do ambiente dos Açores.
- Devale, R., Sohail, S. e Jagtap, S. (2017). Watershed Management and Rainwater Harvesting in Vishwaniketan Campus. International Journal of Technical Research and Applications 5 (6): 01-07.
- Hipólito, J. R., Vaz, A. C. (2017). Hidrologia e Recursos Hídricos. IST Press. 3ª Edição, p. 435 – 439.
- I.N.E. (2013-2014). Anuário estatístico
- Imteaz, M., Shanableh, A., Rahman, A. e Ahsan, A. (2011). Optimisation of rainwater tank design from large roofs: Caso de estudo em Melbourne, Australia. Resources Conservation and Recycling, p. 1022-1029.
- INRA (2018). Alimentation des ruminants. Editions Quae, Versailles, França, p. 728

- Khelil-Arfa, H., Boudon, A., Maxin, G. e Faverdin, P. (2012). Prediction of water intake and excretion flows in Holstein dairy cows under thermo neutral conditions. *Animal*, 6(10): 1662-1676.
- Kim, H., Yang S., Rao S. R., Narayanan S., Kapustin E. A., Furukawa H., Umans A. S., Yaghi O. M. e Wang E. N. (2017). Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science* 356 (6336): 430-434.
- Lencastre, A., Franco, F. M. (2003). Lições de Hidrologia. Fundação Armando Lencastre. 3ª Edição, p. 286 – 291.
- Meyer, U., Everinghoff, M., Gädeken, D. e Flachowsky, G. (2004). Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science* 90: 117-121.
- Oliveira, I. (2011). Técnicas de regadio – Teoria e prática. Beja, 2ª edição, v I, p. 119.
- Palhares, J. C. P., Guidoni, A. L. (2012). Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. *Ambi-Agua*, Taubaté 7 (1): 244-254.
- Paredes, P., Fontes, J. C., Azevedo, E. B. e Pereira, L. S. (2018). Daily reference crop evapotranspiration in the humid environments of Azores islands using reduced data sets: accuracy of FAO-PM temperature and Hargreaves-Samani methods. *Theor Appl Climatol* 134:595–611.
- Pentax Industries Spa ©. (2017). Veronella, Italia. https://admin.pentax-pumps.it/WebResource/Pentax/Serie/PdfCatalogo/PM_60HZ.pdf
- PGRH 2016-2021
- Quintela, A. C. (2000). Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian. 12ª Edição
- Relatório do Estado do Ambiente dos Açores (2017)
- S.R.A.M. (2003). Relatório do estado do ordenamento do território. Açores
- Samuel, M.P. e Mathew, A. C. (2008). Rejuvenation of water bodies by adopting rainwater harvesting and ground water recharging practices in catchment area: Case study. M. Sengupta and R. Dalwani (eds.). *Proceedings of Taal2007: The 12th World Lake Conference*, p. 766–776.
- Témez Peláez, J. R. (1977). Modelo matemático de transformación “precipitación-aportación”. *Asociación de Investigación Industrial Eléctrica (ASINEL)*.

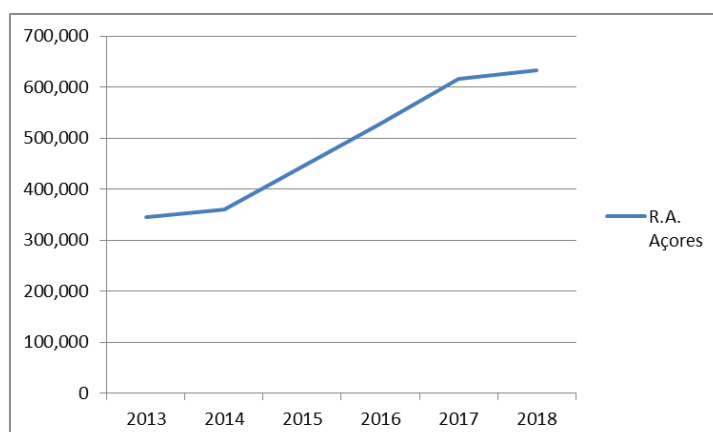
Anexos



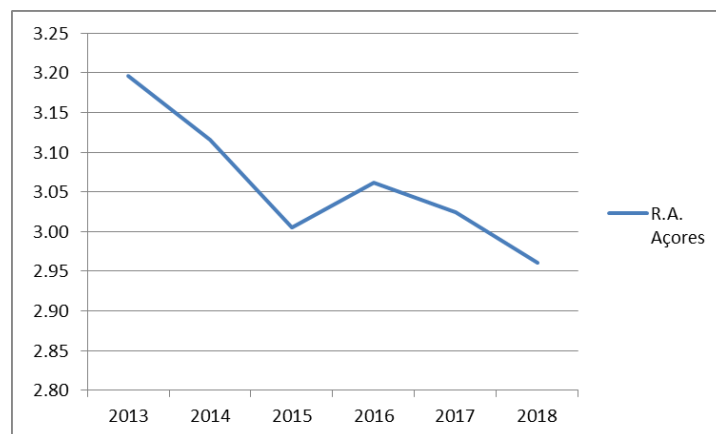
Anexo 1: Evolução do efectivo medido no 2º semestre de cada ano segundo INE.



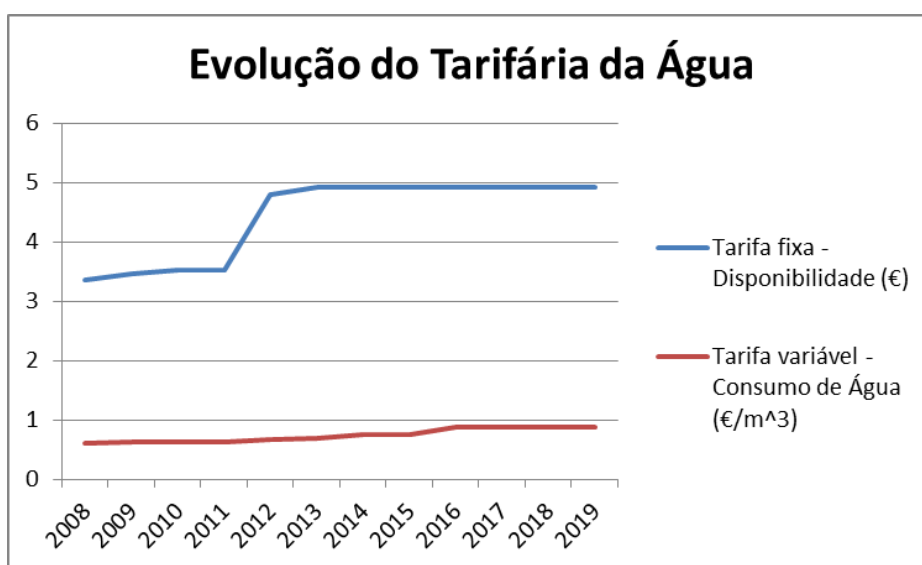
Anexo 2: Evolução do Nº de vacas leiteiras por exploração na Região Autónoma dos Açores, segundo INE.



Anexo 3: Inquérito à Permanência de Hóspedes na Hotelaria e Outros Alojamentos na Região Autónoma dos Açores. Hóspedes nos estabelecimentos de alojamento turístico, segundo a NUTS II.



Anexo 6: Inquérito à Permanência de Hóspedes na Hotelaria e Outros Alojamentos na Região Autónoma dos Açores. Estada média nos estabelecimentos de alojamento turístico, segundo a NUTS II.



Anexo 5: Evolução do Tarifário da água dos SMAS de Ponta delgada entre o ano de 2008 a 2019. Sendo que a partir do ano de 2014 existe o registo de mais uma tarifa variável ao consumo de 2%.

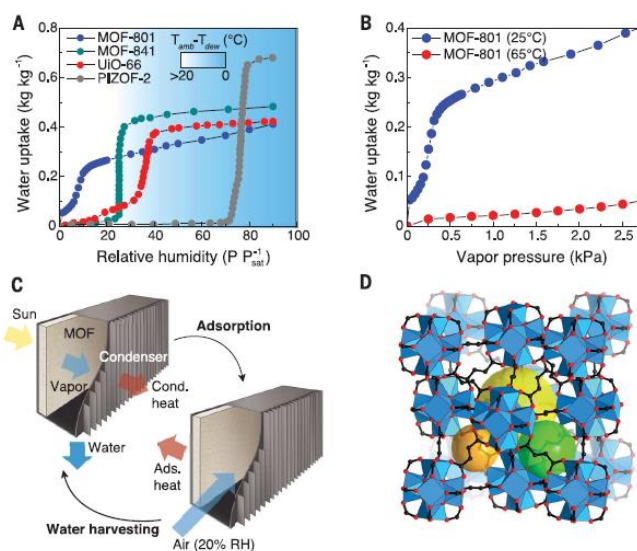
Table 1

The mean, S.D., minimum and maximum values for the variables and the correlation coefficients between water intake and the other variables ($n = 12821$)

	Mean	S.D.	Min	Max	<i>r</i>
Average ambient temperature (°C)	8.6	7.1	- 5.6	23.3	0.516*
Relative humidity (%)	80.0	12.5	46.0	100.0	- 0.361*
Milk production (kg/day)	31.1	7.7	5.6	59.2	0.214*
Dry matter intake (kg/day)	20.5	3.9	1.8	36.8	0.107*
Dry matter content of the ration (%)	54.5	9.5	21.4	87.5	0.315*
Body weight (kg)	628	61	466	812	0.417*
Roughage part (%)	47.4	10.2	0	95.1	- 0.327*
Lactation rank	2.7	1.5	1	10	0.224*
Lactation day	133	72	8	302	0.238*
Na intake (g/day)	44	12	4	101	0.478*
K intake (g/day)	327	73	22	715	0.052*
Water intake (kg/day)	81.5	19.1	14.2	171.4	

* $P < 0.001$.

Anexo 4: Média, desvio padrão, mínimo e máximo para as diferentes variáveis (Mayer et al., 2004).



Anexo 7: Princípio de funcionamento da captação de água com MOFs. (A) linhas isotérmicas de adsorção de água de MOFs baseados em Zr (MOF-801, MOF-841, UiO-66 e PIZOF-2) a 25 °C, mostrando um rápido aumento nas capacidades de adsorção (em quilogramas de água por quilograma de MOF) com uma mudança relativamente pequena na humidade relativa (HR) ($P/P_{\text{sat}} - 1$, pressão de vapor sobre a pressão de saturação) (10). O mapa de cores de fundo mostra a diferença mínima entre as temperaturas do ar ambiente (T_{amb}) e do condensador (T_{dew}) necessárias para a colheita de orvalho com resfriamento ativo. (B) linhas isotérmicas de adsorção de água de MOF-801, medidas a 25 °C e 65 °C, ilustrando que a oscilação da temperatura pode ultrapassar 0,25 kg kg⁻¹ a > 0,6 kPa de pressão de vapor (20% HR a 25 °C). (C) Um sistema de colheita de água MOF, composto por uma camada de MOF e um condensador, submetidos a processos de colheita e adsorção de água assistidos por energia solar. Durante a captação de água (esquerda), o vapor dessorvido é condensado à temperatura ambiente e entregue através de um dissipador de calor passivo, não exigindo entrada de energia adicional. Durante a captura de água, o vapor é adsorvido na camada de MOF, transferindo o calor para o ambiente (à direita). Adsorção e condensação, respectivamente. (D) $\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(-\text{COO})_{12}$ unidades de construção secundárias ligadas em conjunto com fumaratos (ácido fumárico) para formar MOF-801 (Kim et al., 2017).

Requisitos ⁽¹⁾	Comentários
Palatabilidade	Pré-requisito para ingestão de uma quantidade suficiente de água, que por sua vez é essencial para uma ingestão regular de alimentos secos
Tolerância	Presença de ingredientes e/ou substâncias indesejáveis em concentrações que não sejam nocivas ou prejudiciais para os animais ou para os géneros alimentícios por eles produzidos
Usabilidade	Sem efeitos adversos para as instalações, equipamento e/ou canalizações de sistemas de fornecimento e aquando a sua utilização no fabrico de alimentos para animais ⁽²⁾

⁽¹⁾ De uma forma geral, estes requisitos também implicam a correspondente qualidade sensorial

⁽²⁾ Por exemplo quando se produzem alimentos líquidos (Leite ou outros) ou se administram medicamentos, aditivos, etc

Anexo 8: Caracterização da água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais produtores de géneros alimentícios. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).

Indicadores microbiológicos	Aves, Suínos, Bovinos de leite, Vitelos	Outras espécies	Unidade
<i>Salmonella sp.</i>	0	0	UFC / 100 mL
<i>Campylobacter sp.</i>	0	0	UFC / 100 mL
<i>Escherichia coli (E.coli)</i>	0	< 200	UFC / 100 mL
Coliformes fecais	0	< 200	UFC / 100 mL
Enterococos fecais	0	< 50	UFC / 100 mL
Número colónias a 22°C	< 10.000	< 10.000	UFC/mL
Número colónias a 37°C	< 1.000	< 1.000	UFC/mL

Anexo 9: Valores recomendados para avaliação bacteriológica de uma água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais, em sistemas de produção intensiva. DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).

Salinidade (CE em µS/cm a 20°C)	Efeitos/perigos para produção animal
Inferior a 1.600	Água com teores de salinidade relativamente baixos. Sem efeitos significativos em produção animal
1.600 a 4.700	Água com teores de salinidade satisfatórios, podendo, contudo, provocar diarreia ligeira e ocasional em animais de produção não habituados. Não deve apresentar efeitos sobre a saúde e desenvolvimento dos animais
4.700 a 7.800	Água com teores de salinidade satisfatórios, mas que podem ser objecto de recusa por animais de produção não habituados. Pode provocar diarreias ocasionais. Não aceitável para avicultura
7.800 a 10.900	Água que pode ser utilizada com segurança para bovinos de leite e de carne, ovínos, suínos e equídeos. Para animais em gestação ou lactação, deve-se evitar o recurso a água com teores de salinidade no limite superior deste intervalo.
10.900 a 15.600	Água de risco considerável para animais em gestação ou lactação, animais jovens ou quaisquer animais sujeitos a perda de água ou altas temperaturas. Desaconselhada para suínos e equídeos. De uma forma geral, água com estes teores deve ser evitada em produção animal, embora possa ser utilizada em animais adultos, em condições de baixo stress.
15.600 a 23.400	Água de risco elevado. Excepcionalmente e só temporariamente, em

bovinos e ovinos adultos.

Cerca de 30.000

Água tóxica para produção animal. Os efeitos variam de acordo com os sais presentes.

Anexo 10: Salinidade de uma água destinada ao consumo por parte dos animais: Efeitos em produção animal.DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).

Efeitos esperados em função da salinidade da água	Salinidade (CE em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)					
	Aves	Bovinos de carne	Bovinos de leite	Ovinos	Equídeos	Suínos
Sem efeitos adversos sobre os animais	< 3.100	< 6.300	< 3.900	< 7.800	< 6.300	< 6.300
Relutância inicial à ingestão e casos ocasionais de diarreia, mas subsequente adaptação sem quebras de produção	3.100 a 4.700	6.300 a 7.800	3.900 a 6.300	7.800 a 15.600	6.300 a 9.400	6.300 a 9.400
Efeitos esperados em função da salinidade da água	Salinidade (CE em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)					
	Aves	Bovinos de carne	Bovinos de leite	Ovinos	Equídeos	Suínos
Quebras de produção. Eventual efeito negativo nas condições fisiológicas e saúde dos animais. Os animais podem tolerar estes teores por períodos de tempo curtos, se gradualmente adaptados.	4.700 a 6.300	7.800 a 15.600	6.300 a 10.900	15.600 a 20.300	9.400 a 10.900	9.400 a 10.900

Anexo 11: Efeitos da salinidade de uma água destinada ao consumo por parte de algumas espécies de animais.DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).

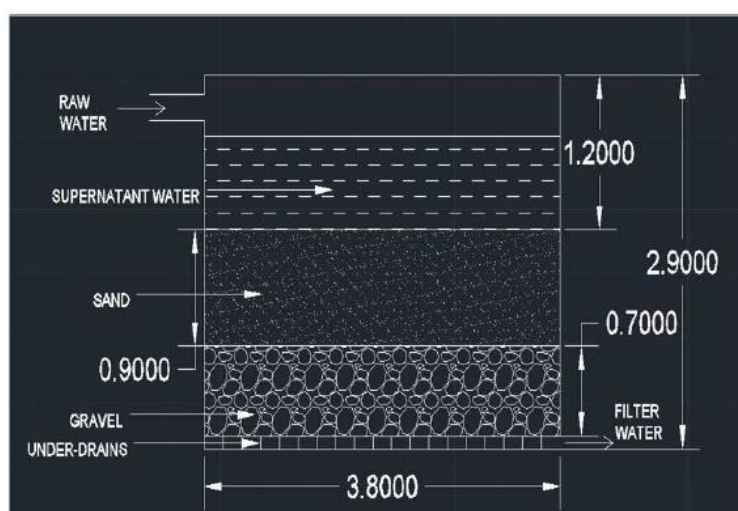
Espécie / categoria animal	Teor máximo aceitável de cloretos (mg/L)
Bovinos de leite	1.600
Bovinos de carne	4.000
Ovelhas e borregos	2.400
Ovinos adultos	5.600
Equídeos (cavalos)	1.200

Anexo 12: Teores máximos de cloretos para algumas espécies/categorias de animais.DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).

Parâmetro	Unidade	Valor Referência	Comentários: Efeitos/Perigos para produção animal
Alumínio	mg/L	< 5	
Amônio	mg/L	< 3	Indicador de contaminação
Arsênio	mg/L	< 0,05	Alterações na saúde: Fraco desempenho
Cádmio	mg/L	< 0,02	
Cálcio ⁽⁶⁾	mg/L	< 500	Desordens funcionais: Calcificação de canos e válvulas dos equipamentos de fornecimento
Chumbo	mg/L	< 0,1	
Cloretos	mg/L	< 250 ⁽¹⁾ < 500 ⁽²⁾	Aumento da humidade do excreto ⁽¹⁾
Cobre ⁽⁷⁾	mg/L	< 2	Ter em atenção o teor total de ingestão em ovinos e vitelos Antagonista de outros oligoelementos: Depósitos de ferro na canalização dos equipamentos de fornecimento; Formação de película; Impacto no sabor
Ferro ⁽⁶⁾	mg/L	< 3	Alterações na dentição e na estrutura óssea
Fluoretos	mg/L	< 1,5	
Magnésio	mg/L	< 250	
Mangânes	mg/L	< 4	Sedimentação nos sistemas de distribuição; Possível formação de películas
Merúrio	mg/L	< 0,003	Desordens orgânicas
Nitratos	mg/L	< 300 ⁽³⁾ < 200 ⁽⁴⁾	Risco de toxicidade; Ter em atenção o teor total de ingestão
Nitritos	mg/L	< 30	Risco de toxicidade; Ter em atenção o teor total de ingestão
Potássio	mg/L	< 250 ⁽¹⁾ < 500 ⁽²⁾	Aumento da humidade do excreto ⁽¹⁾
Sódio	mg/L		Aumento da humidade do excreto ⁽¹⁾
Sulfatos	mg/L	< 500	Efeito laxative
Zinco ⁽⁸⁾	mg/L	< 5	

⁽¹⁾ Principalmente em Aves ⁽²⁾ Outras espécies animais ⁽³⁾ Ruminantes adultos ⁽⁴⁾ Vitelos de outras espécies animais ⁽⁵⁾ Determinação de substâncias orgânicas em água ⁽⁶⁾ Entupimento da canalização, torneiras e bicos de abeberamento ⁽⁷⁾ Valor de referência problemático para borregos e vitelos alimentados com substitutos do leite ⁽⁸⁾ Valor de referência exclusivamente para a preparação para a preparação de substitutos do leite

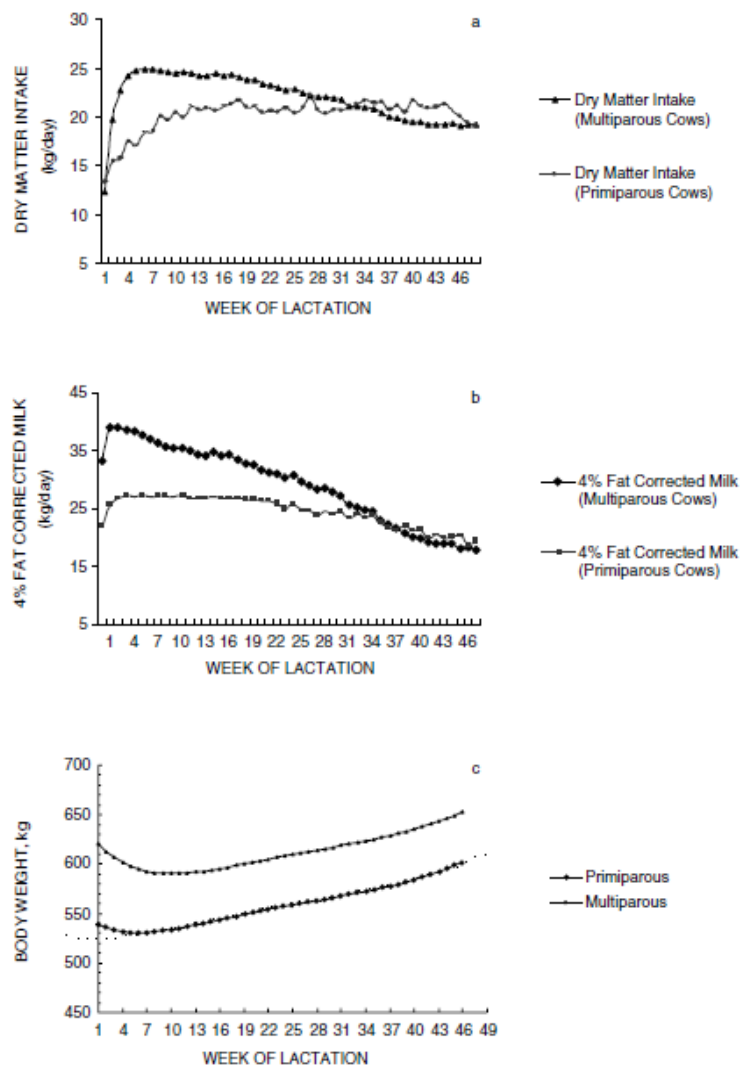
Anexo 13: Valores de referência recomendados para alguns iões em água de qualidade adequada destinada ao consumo por parte dos animais.DGAV (Revisto a 2 de Fevereiro de 2014).



Anexo 14: Sistema de filtração de areia a baixa pressão (Devale, 2017).

Produção 2018											
Nº animais	Dias Lact.	Média Diária			Ureia (mg/kg)	CCS (*1000)	Data do contraste	Média aos 305 dias			
		Leite (kg)	T.B (%)	T.P (%)				Nº animais	Leite (kg)	T.B (%)	T.P (%)
97	184	31,2	4,35	3,25	168	325	27/12/2018	11	9364	3,57	3,03
90	207	28,4	3,92	3,39	296	368	27/11/2017	7	8500	3,7	3,05
92	193	27,8	4,01	3,29	196	295	25/10/2018	21	8016	3,68	3,07
-	-	-	-	-	-	-	em falta	-	-	-	-
107	191	27	3,72	3,21	227	361	24/09/2018	4	9976	3,39	3,16
97	159	28,5	3,58	3,08		230	20/07/2018	14	9227	3,55	3,05
105	166	26,7	3,73	3,06	278	397	18/06/2018	8	8556	3,8	3,12
99	163	32,5	3,4	3,21	219	268	16/05/2018	5	8841	3,55	3,08
96	156	29,9	3,63	3,15	306	326	19/04/2018	18	8630	3,98	3,21
110	170	28,6	3,99	3,22	211	270	15/03/2018	1	9701	3,89	3,41
100	160	29,3	3,87	3,16	175	166	15/02/2018	8	8279	3,87	3,14
93	167	29,1	3,8	3,21	268	168	17/01/2018	10	9319	3,79	3,2

Anexo 15: Contraste leiteiro da exploração RFS no ano de 2018.



Anexo 16: No primeiro gráfico temos a evolução da quantidade de matéria seca ingerida (kg/dia) ao longo das semanas de lactação; No segundo gráfico, a quantidade de leite produzido com 4% de gordura pelas semanas de lactação; Em último temos a evolução do peso vivo (kg) pelas semanas de lactação, Em todos os gráficos são diferenciadas as vacas do primeiro parto e com mais do que um parto (Clark et al., 2001).

cliente - **Motivos Campestres**

identificação da amostra

nº laboratório - **4987 (S15)**

referência - **4**

proprietário - **Rui Freitas da Silva**

morada - **Fajão de cima**

parcela - **Parcela 4**

data de entrega -

técnico responsável - **Andreia Silva**

caracterização da amostra

concelho - **Ponte Delgada**

profundidade(cm) - **não indica**

distrito -

cultura - **Pastagem**

resultados da análise

textura - **grossa**



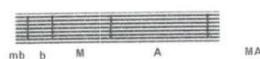
pH água - **5.8**

pH KCl - **5.0**

reação do solo - **mod. ácido**



teor de matéria orgânica (%) - **8.52 muito alto**



método de Egner-Riehm:



potássio extraível (mg K₂O L⁻¹) - **456 muito alto**



método de Olsen:



fósforo extraível (mg P₂O₅ L⁻¹) - **32 baixo**
equivalente a **14** mg P L⁻¹



sugestão de fertilização

produção esperada* (t/ha) - **não indica**

- calagem - **0** kg de calcário agrícola por hectare
- azoto - **60** unidades (ou kg de N por hectare)
- fósforo - **150** unidades (ou kg de P₂O₅ por hectare)
- potássio - **0** unidades (ou kg de K₂O por hectare)
- magnésio - **0** kg de Mg por hectare
- boro - **0** kg de B por hectare

Notas:

Vila Real, 31-Mar-2015

João Coutinho

labsolosplantas@utad.pt

259 350 212



cliente - **Motivos Campestres**

identificação da amostra

nº laboratório - **4988 (S15)**

referência - **5**
proprietário - **Rui Freitas da Silva**
morada - **Fajão de cima**
parcela - **Parcela 5**

data de entrega -
técnico responsável - **Andreia Silva**

caracterização da amostra

concelho - **Ponte Delgada**
profundidade(cm) - **não indica**

distrito -
cultura - **Pastagem**

resultados da análise

textura - **grossa**

pH água - **5.7**
pH KCl - **5.0**
reação do solo - **mod. ácido**



teor de matéria orgânica (%) - **2.14 médio**



método de Egner-Riehm:

potássio extraível (mg $K_2O\ L^{-1}$) - **468 muito alto**



método de Olsen:

fósforo extraível (mg $P_2O_5\ L^{-1}$) - **41 médio**
equivalente a **18** mg $P\ L^{-1}$



sugestão de fertilização

produção esperada* (t/ha) - **não indica**

calagem - **1000** kg de calcário agrícola por hectare
azoto - **80** unidades (ou kg de N por hectare)
fósforo - **150** unidades (ou kg de P_2O_5 por hectare)
potássio - **0** unidades (ou kg de K_2O por hectare)
magnésio - **0** kg de Mg por hectare
boro - **0** kg de B por hectare

Notas:

Vila Real, **31-Mar-2015**

João Coutinho

labsolosplantas@utad.pt

259 350 212

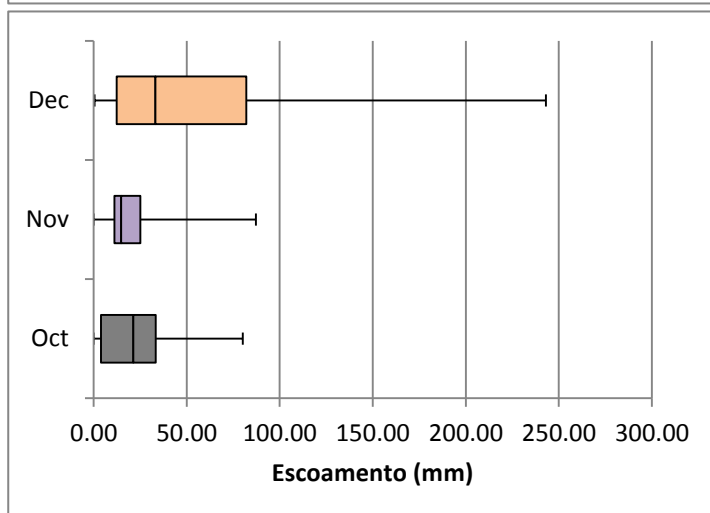
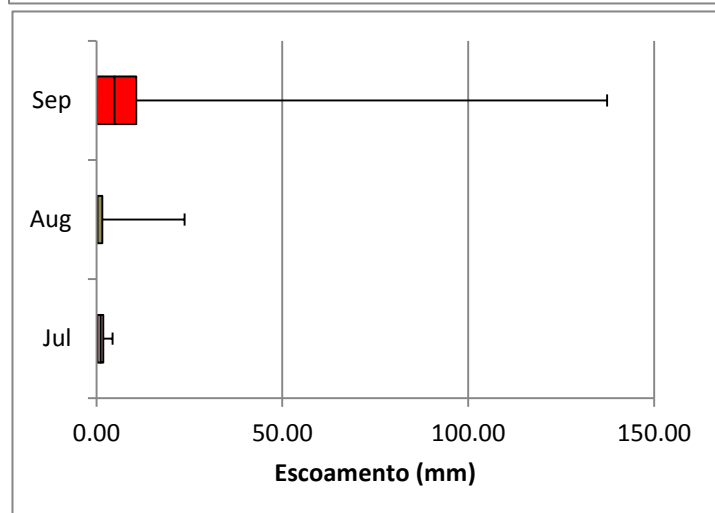
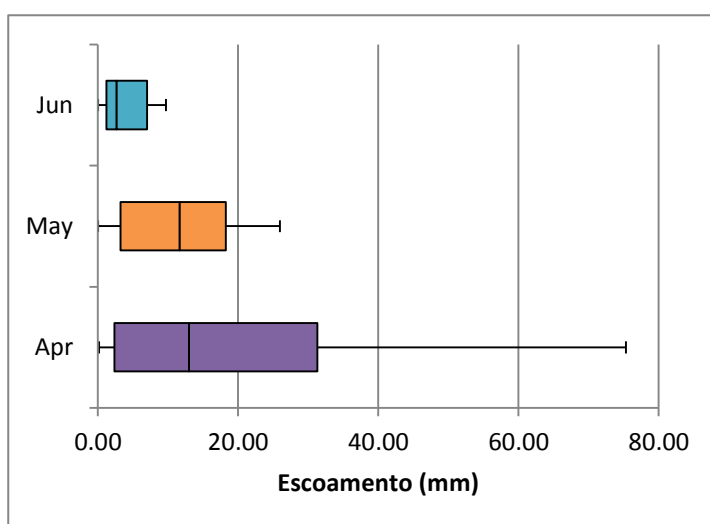
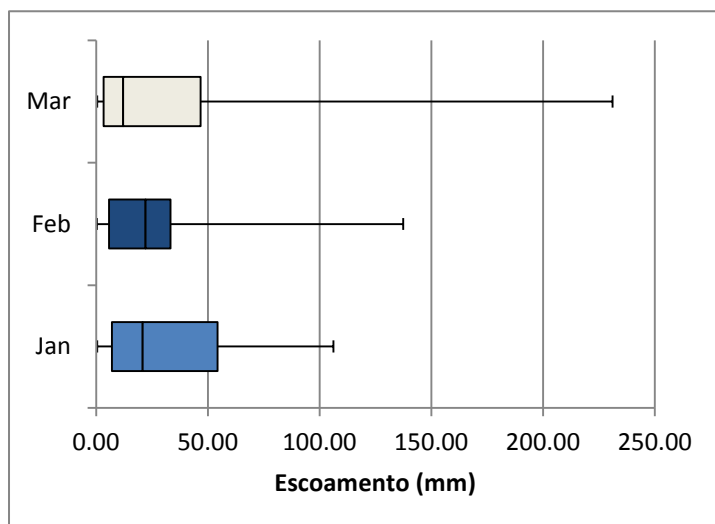


LABORATÓRIO DE SOLOS E PLANTAS

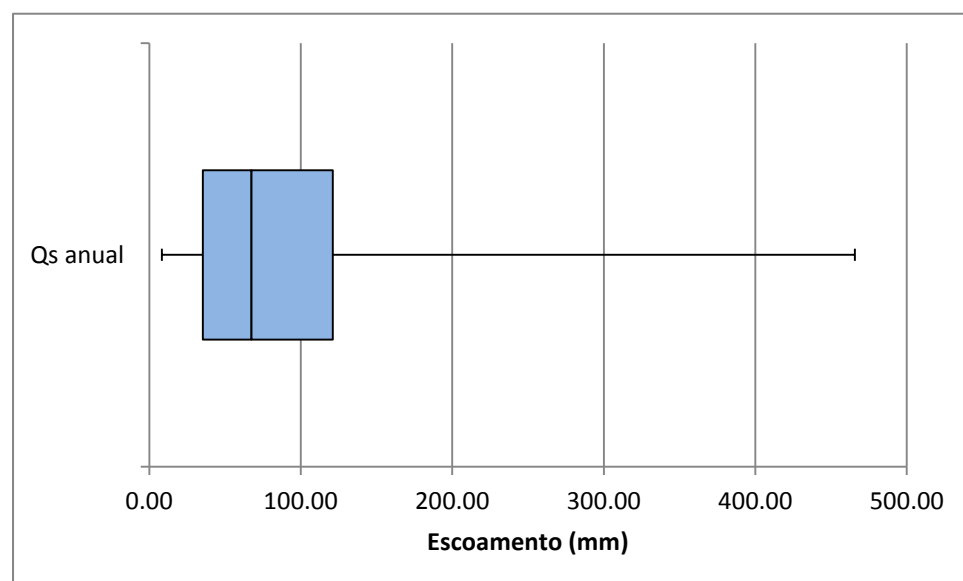
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

5000 - 801 VILA REAL

PORTUGAL

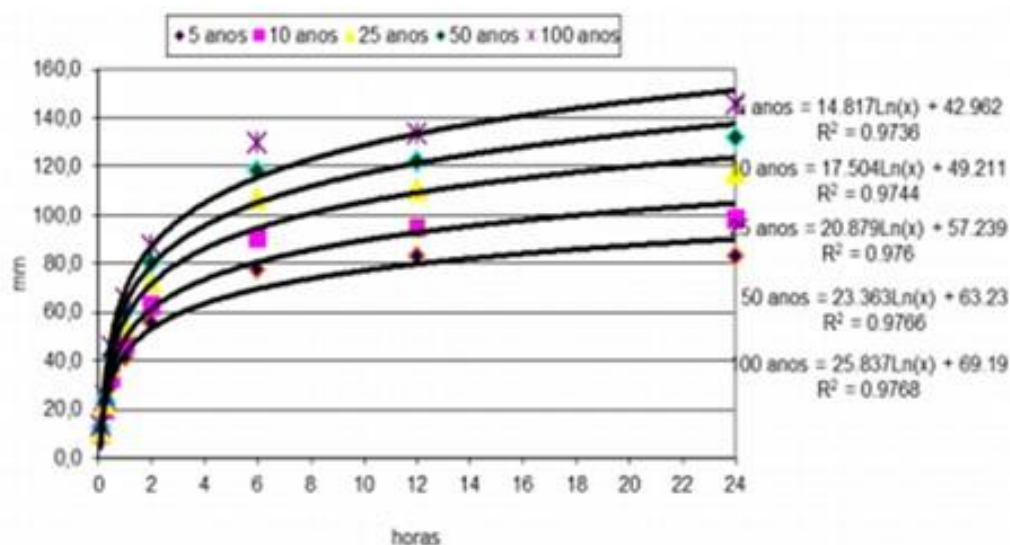


Anexo 20: Análise de frequência mensal do escoamento superficial ao longo da série temporal (1988 – 2018).




Anexo 19: Análise de frequência do escoamento superficial total de cada ano compreendido entre 1988 e 2018.

Precipitação de curta duração					
Duração em horas	Períodos de retorno em anos				
	5 mm	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
24,00	83	98	117	132	146
12,00	83	95	110	122	134
6,00	77	91	106	118	130
2,00	55	63	73	80	87
1,00	41	47	54	60	65
0,50	30	33	38	42	45
0,25	18	20	22	24	25
0,08	9	10	11	12	13

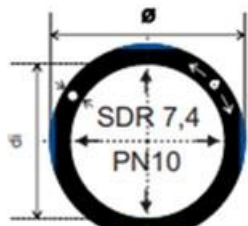


Anexo 21: Curvas de intensidade de frequência e duração na ilha de São Miguel, Fajã de Cima (175) (PGRH, 2016-2021).

Diagrama de uma tubagem circular com diâmetro externo Ø e espessura e. O interior da tubagem é rotulado SDR 11 e PN6.

Código Reference	Dimensões Size (Ø x e) (mm)	Rolo Coils (m)	Paquete Pallet (m)	Paquete Pallet (Un.)	Preço Price (€/m)
TUBO PEBD PE40 S5 SDR11 PN6					
Water PELD Pipe - PE40 - S5 - SDR11 - PN6					
PARG060160200	16x2,0	100	1000	10	0,32
PARG060200200	20x2,0	100	800	8	0,41
PARG060250230	25x2,3	100	800	8	0,61
PARG060320300	32x3,0	100	400	4	0,98
PARG060400370	40x3,7	100	400	4	1,51
PARG060500460	50x4,6	100	100	1	2,34
PARG060630580	63x5,8	100	100	1	3,69
PARG060750680	75x6,8	100	100	1	5,16
PARG060900820	90x8,2	100	100	1	7,48

Anexo 22: Tubagem de pressão nominal 6 bar e com as seguintes dimensões do diâmetro externo e espessura.

Código Reference	Dimensões Size (Ø x e) (mm)	Rolo Coils (m)	Paleta Pallet (m)	Paleta Pallet (Un.)	Preço Price (€/m)
 TUBO PEBD PE40 S3,2 SDR7,4 PN10 Water PELD Pipe - PE40 - S3,2 - SDR7,4 - PN10					
PARG100160230	16x2,3	100	1000	10	0,36
PARG100200300	20x3,0	100	800	8	0,57
PARG100250350	25x3,5	100	800	8	0,85
PARG100320440	32x4,4	100	400	4	1,36
PARG100400500	40x5,5	100	400	4	2,12
PARG100500600	50x6,9	100	100	1	3,29
PARG100630860	63x8,6	100	100	1	5,17
PARG100751030	75x10,3	100	100	1	7,36
PARG100901230	90x12,3	100	100	1	10,55

Anexo 23: Tubagem de pressão nominal 10 bar e com as seguintes dimensões do diâmetro externo e espessura.



Anexo 24: Torneira com boia, 3/4 de polegadas (19,05 mm) comercializada por Fonseca & Alves Lda.

		MS	PB	FB	NDF	ADF	MM	Açúcares
Feb-17	Terra Nova	31.5	17.7	24.9	43.9	26.9	14.0	3.1
Jun-16	Neto	37.3	23.1	22.3	40.3	24.4	17.2	4.6
Jun-16	Sta Cruz 2°C	31.0	12.3	27.5	49.7		13.6	7.6
Jun-16	Sta Cruz Abril	34.3	15.4	27.2	50.0		13.0	3.8
Jun-16	Terra Nova 2°C	37.9	11.9	29.2	53.7	31.1	11.1	9.1
Jun-16	Canada da Mata	28.7	15.3	28.9	54.6		12.7	2.9
Jun-16	Canada da Mata Abril	30.6	10.0	27.4	50.7		11.8	11.4
Aug-17	Fevereiro	39.9	24.5	25.2	44.8	27.5	17.4	1.2
Aug-17	Março	50.5	20.1	21.1	41.3	23.7	12.7	12.5
Aug-17	Abril	44.0	15.8	26.5	48.4	28.4	13.7	7.7
Aug-17	Junho	41.0	13.6	28.1	51.7	30.1	12.2	7.4
Aug-17	julho	48.6	12.3	32.1	57.9	33.4	12.9	3.8
MÉDIA		37.9	16.0	26.7	48.9	28.2	13.5	6.3

Anexo 25: Análises qualitativas às fenosilagens de azevém no ano de 2018 na exploração RFS, Onde MS é matéria seca, PB é a proteína bruta, FB é a fibra bruta, NDF a fibra em detergente neutro, ADF é a fibra em detergente ácido e MM é a matéria mineral ou cinzas.

	MS	PB	FB	NDF	ADF	MM	Amidos
May-13	28.2	8.6	20.0	63.7	25.3	3.7	23.0
Feb-15	33.0	7.2	20.7		24.9	4.3	27.9
Feb-16	30.6	6.3	28.1	50.9	30.6	5.9	30.1
Mar-16	26.2	6.9	26.7	46.5	28.9	5.6	27.2
Feb-17	27.2	7.5	20.9	40.9	23.8	4.9	31.8
Feb-17	28.3	7.4	22.8	44.2	26.1	4.9	29.6
Aug-17	36.7	3.1	18.0	38.5	21.7	4.1	35.4
MÉDIA	30.0	6.7	22.5	47.5	25.9	4.8	29.3

Anexo 26: Análises qualitativas às silagens de milho no ano de 2018 na exploração RFS, Onde MS é matéria seca, PB é a proteína bruta, FB é a fibra bruta, NDF a fibra em detergente neutro, ADF é a fibra em detergente ácido e MM é a matéria mineral ou cinzas, Todas estas variáveis são expressas em %.